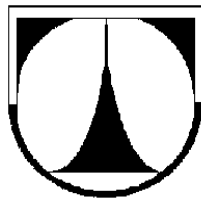


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra oděvnictví



Studijní program: M3106 Textilní inženýrství

Studijní obor: Oděvní technologie

Zefektivnění výroby spodního prádla firmy Gemtex

Gemtex company undergarments production reengineering

Lenka Hanzelová

KOD/2010/06/9/MS

Vedúci diplomovej práce: Ing. Hercíková Eva

**Rozsah práce a příloh**

Počet strán: 53

Počet obrázků: 29

Počet tabulek: 16

Počet grafů: 4

Počet příloh: 2





**Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

V Liberci, 17. mája 2010

Podpis

### **Pod'akovanie**

Veľké pod'akovanie patrí Ing. Eve Hercíkovej, vedúcej mojej diplomovej práce za trpezlivosť, ochotu, pripomienky a odborné rady, ktorými prispela k jej vytvoreniu.

Pod'akovanie patrí aj mojím najbližším, rodine, priateľom a za podporovanie pri štúdiu a tvorení diplomovej práce.

Moje posledné pod'akovanie patrí Ing. Viktorovi Jevickému za podporu pri štúdiu.

**Anotace:**

Cílem diplomové práce je zefektivnění výroby spodního prádla firmy Gemtex. Ve vytvořené rešerši jsou shrnuty základní poznatky o simulačním modelu, simulaci a metodě simulační optimalizace. Tyto poznatky jsou aplikovány pro navrhnutý model výrobní linky a její optimalizace. Model byl analyzován s využitím simulačního softwaru Witness.

Navržený model pomohl ke stanovení nejslabšího místa linky a následně pomocí optimalizace k navrhnutí efektivního řešení pro vytvořenou výrobní linku. V závěrečné části práce byly zhodnoceny výsledky analýzy.

**Klíčová slova**

Sodní prádlo, Simulační model, Simulace, Witness, Optimalizace

**Annotation:**

The aim of diploma is Gemtex company undergarments production reengineering. In prepared background research is summarized basic knowledge about simulation model and simulation optimization method. Such knowledge is applied for design production line model and its optimization. This model was analyzed by means of Witness simulation software.

Designed model helped to determine the weakest point of production line and subsequently by means of optimization to design effective solution for chosen production line. In the final part of diploma were evaluated results from analyses.

**Key words:**

Undergarments, Simulation Model, Simulation, Witness, Optimization

**OBSAH**

<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>1 PREDSTAVENIE SPOLOČNOSTI GEMTEX A.S. ....</b>	<b>11</b>
1.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA VÝROBKOV SPOLOČNOSTI GEMTEX A.S. ....	11
<b>2 SIMULAČNÝ MODEL .....</b>	<b>12</b>
2.1 TYPY MODELOV .....	12
2.2 SKÚMANIE MODELU .....	13
<b>3 SIMULÁCIA .....</b>	<b>15</b>
3.1 VÝVOJ SIMULÁCIE .....	15
3.2 VÝZNAM SIMULÁCIE .....	15
3.3 VYUŽITIE SIMULÁCIE .....	17
<b>4 WITNESS .....</b>	<b>18</b>
4.1 PRÁCA S MODELOM V PROGRAME WITNESS .....	19
4.2 TVORBA MODELU V PROGRAME WITNESS .....	19
<b>5 OPTIMALIZÁCIA .....</b>	<b>21</b>
5.1 CHARAKTERISTIKA .....	21
5.2 FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE PRIEBEH SIMULAČNEJ OPTIMALIZÁCIE .....	22
5.3 METÓDY SIMULAČNEJ OPTIMALIZÁCIE .....	22
<b>6 NÁVRH SIMULAČNÉHO MODELU .....</b>	<b>23</b>
6.1 SÚČASNÝ STAV VÝROBY SPODNEJ BIELIZNE .....	23
6.1.1 Vstupné dáta .....	23
6.1.2 Technický nákres tielka s výrobným číslom 020058 .....	24
6.1.3 Technický popis tielka s výrobným číslom 020058 .....	25
6.1.4 Technický nákres tielka s výrobným číslom 020059 .....	26
6.1.5 Technický popis tielka s výrobným číslom 020059 .....	27
6.1.6 Technický nákres nohavičiek s výrobným číslom 020051 .....	31
6.1.7 Technický popis nohavičiek s výrobným číslom 020051 .....	31
6.1.8 Technický nákres nohavičiek s výrobným číslom 020052 .....	32
6.1.9 Technický popis nohavičiek s výrobným číslom 020052 .....	32
6.2 SIMULAČNÝ MODEL VÝROBKOV .....	36
6.3 STANOVANIE NAJSLABŠIEHO MIESTA SIMULAČNÉHO MODELU .....	40
<b>7 OPTIMALIZÁCIA NASIMULOVANÉHO MODELU. ....</b>	<b>43</b>
7.1 STANOVANIE PARAMETROV .....	43
7.2 ZOSTAVENIE ÚČELOVEJ FUNKCIE A JEJ POPIS .....	44

7.3	ZÁPIS V OPTIMALIZAČNOM MODULE .....	45
7.4	VYHODNOTENIE OPTIMALIZÁCIE .....	47
<b>8</b>	<b>ZÁVER.....</b>	<b>51</b>
<b>9</b>	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>52</b>
	<b>PRÍLOHA Č.1.....</b>	<b>54</b>
	<b>PRÍLOHA Č.2.....</b>	<b>65</b>



**ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV**

CAD	Computer Aided Desing (počítačom podporovaní návrh)
CAM	Computer Aided Manufacturing (počítačom podporovaná výroba)
2D	Dvojdimenzionálny (dvojrozmerný)
$D_1$	Počet pracovníkov pri výrobe tielok
$D_2$	Počet pracovníkov pri výrobe nohavičiek
Napr.	Napríklad
$N_{\check{c}p}$	Normočas pripadajúci na jedného pracovníka
$N_{\check{c}v1}$	Normočas výrobku (tielko s výrobným číslom 020058)
$N_{\check{c}v2}$	Normočas výrobku (tielko s výrobným číslom 020059)
$N_{\check{c}v1\_n}$	Normočas výrobku (nohavičky s výrobným číslom 020051)
$N_{\check{c}v2\_n}$	Normočas výrobku (nohavičky s výrobným číslom 020052)
OP	Operácia šijacieho stroja
$P_{t1}$	Pracovný takt pre výrobu tielok
$P_{t2}$	Pracovný takt pre výrobu nohavičiek
$P_{tn}$	Priemerné zaťaženie pracovného miesta
ZD	Zadný diel
$Z_p$	Percento zaťaženia jedného pracovníka

## ÚVOD

Každá dynamicky rozvíjajúca sa spoločnosť s tradíciou a skúsenosťami má dané priority. Tieto priority ako kvalita, aktuálnosť, spoľahlivosť a stabilita zaručujú ľahšie prispôsobenie sa súčasným podmienkam na trhu a obstať v konkurencii. Výroba musí odzrkadľovať skutočné potreby a predstavy cieľových skupín, potenciálnych zákazníkov. Pre uspokojenie zákazníkov, ktorý vyžadujú kvalitu, podnik prispôbuje techniku výroby podmienkam a technológiám.

Jedným z riešení, aby podnik dokázal flexibilne reagovať na nároky kvality výroby a vyriešenia najslabších miest výroby je využitie počítačovej simulácie. Počítačová simulácia sa využíva na riešenie širokého spektra problémov v priemyselnej výrobe a je nástrojom pre riešenie podnikových procesov. Ide o štatistický experiment, ktorý dokáže napodobniť a predvídať chovanie systému pri zmene podmienok.

Výsledky tvoria údaje, ktoré sú zozbierané za čas trvania simulačného modelu. Znamená to, že dokážu poskytnúť pracovníkom informácie o zmene vo výrobnom postupe v zodpovedajúcej realite, bez toho, aby zmena musela zasiahnuť do prevádzky a mohla skomplikovať výrobu.

Pri realizácii simulačného modelu a zhodnotení jeho výstupných údajov je možná simulačná optimalizácia na zoptimalizovaní najslabších miest vo výrobnom systéme. Optimalizáciou sa navrhne efektívne riešenie s cieľom minimalizovať náklady na výrobu a podnik nebude zaťažovaný negatívnymi vplyvmi pri výrobe.

## **1 Predstavenie spoločnosti Gemtex a.s.**

Gemtex a.s. je súčasťou nadnárodného holdingu Schiesser A.G. so sídlom v Nemecku. V súčasnom období je produkcia Gemtex a.s. zameraná na spracovanie výrobkov zo zmesových a bavlnených materiálov, ktoré zaručujú pohodlnosť a komfort pri nosení, tvarovú stálosť a stálofarebnosť.

Spoločnosť Gemtex a.s. produkuje široké spektrum výrobkov od voľnočasového oblečenia pre všetky kategórie konečných spotrebiteľov, cez pyžamá, spodnú bielizeň, dámsku luxusnú bielizeň. Výrobky spĺňajú svojim spracovaním estetické, módne a funkčné kritériá. [19]

### **1.1 Stručná charakteristika výrobkov spoločnosti Gemtex a.s.**

Do praktickej časti boli vybrané dva druhy výrobkov voľnočasového charakteru. Podľa charakteristiky odevov sa jedná o spodnú bielizeň športového strihu, pre hornú časť tela a dolnú časť tela. V kapitole vstupné dáta sú výrobky podrobne popísané.

Časť súpravy pre hornú časť tela sa skladá:

- 1x tielko s prisadenými ramienkami s výrobným číslom 020058
- 1x tielko s prinechanými ramienkami s výrobným číslom 020059

Časť súpravy pre dolnú časť tela sa skladá:

- 1x nohavičky klasického strihu s výrobným číslom 020051
- 1x nohavičky s predĺženými bočnými dielmi s výrobným číslom 020052

## 2 SIMULAČNÝ MODEL

Pred začatím samotnej simulácie je potrebné oboznámiť sa so základnými pojmami. Ako prvý je simulačný model, kde predpokladom realizácie simulácie je jeho vytvorenie. Simulačný model musí byť navrhnutý ako prvý a až tak je možná samotná simulácia.

Model je vzor alebo návrh konštrukcie výrobku v zmenšenom meradle, ktorého štruktúra viaže dva systémy, prvky a atribúty. Systém je chápaný ako časť reálneho sveta, ktorý je predmetom záujmu.

Simulačný model je počítačová reprezentácia simulovaného modelu. Simulačný model je model zapísaný formou programu v programovacom jazyku a v konečnej podobe sa stáva počítačovým programom, ktorý napodobňuje predstavu o simulovanom systéme a jeho pohybe.

Simulačný model prevzal problematiku rozvrhovania výroby v čase s vytvorením virtuálnej výrobnjej organizácie a overenia okamžitého stavu výroby. Pri simulácii modelu je dôležitý postup riešenia. [6], [7]

### 2.1 Typy modelov

Model ako počítačovým programom, musí mať k dispozícii algoritmické nástroje. Algoritmické zachytenie simulačného modelu je významnou súčasťou simulačnej metódy. [6], [8]

Podľa zachytenia času v modely poznáme:

- spojité modely
  - simulovaný čas nadobúda akékoľvek hodnoty (príchod zákazníka - zákazník môže prísť kedykoľvek)
- diskkrétne modely
  - simulovaný čas nadobúda hodnoty z vopred daných diskrétnych množín (sledovanie udalostí za časový úsek)

Podľa pravdepodobnostnej charakteristiky poznáme modely:

- stochastické
  - náhodný charakter
  - získanie výsledkov štatistickým odhadom
- deterministické
  - náhodné veličiny nie sú prítomné, závislosť hodnôt výstupných veličín s hodnotami vstupných veličín
  - získanie presného riešenia pri objasnení výsledkov

## **2.2 Skúmanie modelu**

Skúmaním modelu získavame nové poznatky o štruktúre procesov a o vplyve jednotlivých faktorov na hotový výrobok. Všetky tieto potrebné informácie vedú k zlepšovaniu modelu. [6], [7], [2],

Základné informácie o reálnom objekte môžeme získať:

1. Experimentom na reálnom objekte
2. Pomocou analytického prístupu
3. Pomocou simulačného prístupu

Využitie experimentovania reálneho objektu nie je možné uskutočniť z niekoľkých dôvodov. Experimentovanie je nákladné, málo efektívne, časovo náročné. Nie je možné skúmanie viacerých variant a pri experimentovaní možno spôsobiť poruchy. Niektorý skutočný objekt, ktorý chceme skúmať je ešte v štádiu projektovania a výroby.

Pri návrhu výrobného procesu v odevnej výrobe sa uplatňuje dlhoročná prax, skúsenosti konštruktérov, technológov. Nevýhodou je, že ani skúsenosti pracovníkov nestačia nato, aby navrhnutý technologický proces bol optimálny pri experimentovaní modelu. Nastávajú problémy, kde sa musí dorábať postup výroby, čo vedie k zvyšovaniu času na zavedenie výroby a zvyšovanie nákladov.

Analytický model je chápaný ako zobrazenie skúmanej skutočnosti, vyjadrenej matematickými vyjadrovacími prostriedkami. Riešenia analytických metód poskytujú výsledky vo forme funkčných vzťahov, do ktorých sú dosadené konkrétne hodnoty. Tento spôsob ustupuje vzhľadom k rozšíreniu výpočtovej techniky, ktoré umožňuje riešenie jednoduchších analytických modelov, a rýchly vývoj simulačných softwarov. [9], [2]

### **3 Simulácia**

V tejto kapitole sa oboznámime so simuláciou. Od vývoja, významu až po jej využitie.

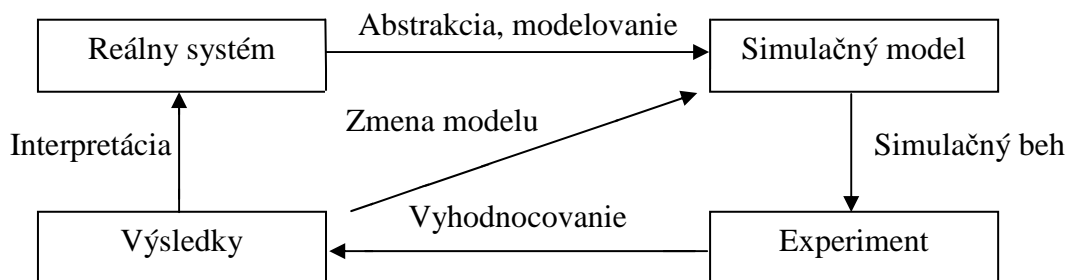
#### **3.1 Vývoj simulácie**

Vývoj simulácie je úzko spätý s metódou Monte Carlo, kde simulačné modely slúžia k odhadu riešenie úloh, ktorých priame vyriešenie sa prakticky považuje za nemožné. Táto metóda patrí k numerickým riešeniam pravdepodobnostných a deterministických úloh štatistický skúmaného modelu. Riešenie skúmaného modelu má pravdepodobnostný charakter a jeho fungovanie sa nedá s určitosťou predvídať. Ide o štatistický odhad, ktorého presnosť rastie s počtom pokusov. Simulácia sa zaoberá riešením dynamických systémov. Dôležitou súčasťou študovaného systému je čas, vtedy sa jedná o simuláciu. [1], [8], [12]

#### **3.2 Význam simulácie**

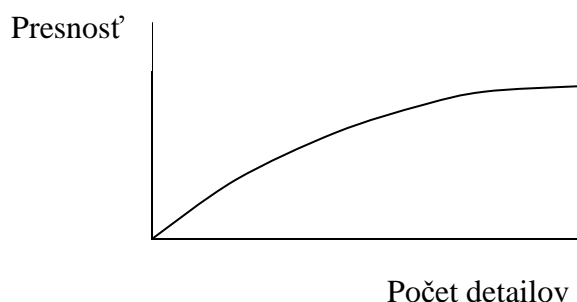
Pod pojmom simulácia rozumieme sledovanie modelu a jeho chovania. Objektom sledovania môže byť výrobná linka, systém hromadnej obsluhy, sklad veľkoobchodu. Simulácia je etapa experimentovania a jej cieľom je analýza chovania systému. [10], [13]

Simulovať znamená napodobniť fungovanie reálneho systému pomocou počítačového modelu. Proces simulácie spočíva v opakovaní riešeného modelu pomocou prevádzania simulačných behov. Proces simulácie je zobrazený na obr. 1. [10]



Obr. 1 Proces simulácie

Abstrakciou reálneho systému budujeme abstraktný model, od ktorého sa odlučujú všetky nepotrebné skutočnosti vzhľadom k cieľu a účelu modelu. Dôležitá je identifikácia vhodných parametrov, vzťahov. Zvolené parametre majú vplyv na efektívnosť alebo neefektívnosť systému (viď. Obr. 2). S ďalším prehodnotením je treba rozhodnúť či tieto zložky budú súčasťou simulovaného systému. [10]



Obr. 2 Vplyv miery abstrakcie na presnosť modelu [9]

S modelom prevádzame experiment, kedy pozorujeme model systému počas jeho chodu. Nastavujú sa rôzne parametre modelu a zisťuje sa aký vplyv majú dané zmeny na chovanie systému. V simulačnom modeli, ktorý obsahuje náhodné chovanie, ide o štatistický experiment, z čoho vyplýva, že výsledkom simulácie je odhad parametra, a nie presná hodnota. [8]



### 3.3 Využitie simulácie

Výrazne stúpa záujem o nástroje pre modelovanie dynamických procesov s vytvorením realistických modelov so zahrnutím náhodných javov. Simulačný model daných výrobných procesov je jedna z možností ako sa priblížiť k ich reálnemu zobrazeniu a získaniu reálnych výsledkov. Simulačný model musí obsahovať vlastnosti, zdroje, ktorý model zobrazuje.

Vývoj simulácie vytvára široké spektrum možností a výhod pri riešení simulačných modelov a ich experimentovaním. Je tu možnosť testovania modelov viacerých variantov ako aj katastrofických variantov. Ďalšou možnosťou je regulovať rýchlosť plynutia simulačného času v reálnom, zrýchlenom a spomalenom čase. [8]

Využitie:

- Doprava v podniku
- Využitelnosť výrobných zariadení (nové, staré)
- Podniková stratégia
- Simulácia kolíznych stavov

Výhody s použitím simulácie:

- Rýchlejšia zmena prevedenia a znížená doba potrebná k realizácii.
- Rýchlejšia výkonnosť vylučujúca úzke miesta.
- Zvýšenie kapacity s lepším využitím zdrojov.

Nevýhody s použitím simulácie:

- Vyššia časová náročnosť pri príprave simulačného experimentu.

Simulácia ako tvorivá práca vytvára priestor k návrhom na zlepšenie štruktúry a riadenia výrobných procesov. Vytvára komplexný pohľad na mapujúci problém.

Počítačová simulácia vedie ku globálnemu prístupu. Na riešenie problému sa díva ako na celok. [8], [14], [9]

## 4 WITNESS

Simulačný model sa nasimuluje v programe Witness. Tento program je simulačným produktom od britskej firmy Lanner Group pre diskretnú simuláciu. Produkty pre diskretnú simuláciu sa špecializujú na simuláciu len určitého typu systému. Witness je určený pre simuláciu a optimalizáciu výrobných, obslužných a logistických systémov. Simulačný software firmy Lanner umožňuje zlepšenie organizácie podnikových procesov modelovaním, analyzovaním a optimalizáciou procesov, aby následné rozhodnutie o zásahu do výroby bolo bez rizika. Produkt firmy Lanner je kľúč k zlepšeniu produktivity, efektivity a redukcii nákladov.

Witness sa používa na interaktívnu tvorbu modelov. Simulačný model ako obraz reality, realizovaný prostredníctvom počítača, sleduje a vyhodnocuje tok získaných informácií. Operácie majú vopred definované objekty s animáciou behom simulovaného systému a grafické výstupy.

Witness dopĺňujú moduly pre optimalizáciu procesov a ďalšie moduly pre ľahšiu výmenu informácií medzi programom Witness a inými programami. [8], [15]

Program Witness ponúka možnosti:

- Zlepšenie v organizácii práce pomocou simulačného modelu.
- Zostavenia a testovania modelu po malých úsekoch, ktoré reálne popisujú situáciu.
- Možnosť zmeny modelu v priebehu simulácie.

Witness spolupracuje s CAD, CAM aplikáciami, ktoré patria do moderného konceptu výrobného procesu. Znamená to, že výroba je integrovaná pomocou počítačov a využíva spôsob spojenia materiálových, informačných tokov, a koordinuje ich od začiatku až po koniec výroby produktu. [4], [2], [5]

#### 4.1 Práca s Modelom v programe Witness

V programe Witness modely dynamicky zobrazujú pohyb materiálu, stavy jednotlivých prvkov, vykonávané operácie, aktuálne využitie zdrojov. Model zaznamenáva všetky udalosti, ktoré v systéme nastali. Užívateľ môže sledovať vývoj procesu ako ho aj zastaviť, zmeniť parametre systému. Sledovať dôsledky pri zmeniť veľkosti zásobníkov, počte pracovníkov, smeru materiálu a iných navrhovaných zmien. [13]

#### 4.2 Tvorba modelu v programe Witness

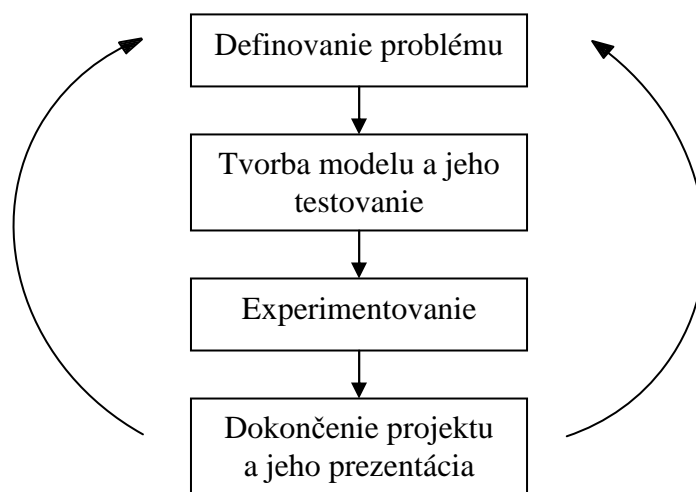
Vstupné informácie o výrobe daného výrobku sú získané z technickej prípravy výroby. [7]

Základné prvky programu Witness:

- 1) Elementy:
  - a) *Diskrétné elementy* (stroje, diely, zásobníky, dopravníky, dráhy, vozidlá, pracovná sila)
  - b) *Logistické elementy* (atribúty, premenné, užívateľské funkcie, zmena)
  - c) *Grafické elementy*
- 2) Vstupné a výstupné pravidlá (riadenie väzieb medzi jednotlivými diskretnými elementmi)
- 3) Akcie (programovo definované činnosti, spúšťajúce udalosti pri simulácií)

Witness ponúka rozsah návrhov stavebných prvkov, z ktorých je možné interaktívnym spôsobom vytvárať modely. V ponuke je niekoľko druhov strojov (napr. montážny, jednoduchý,...), zásobníkov a iné. [13]

Pred začatím experimentu v programe Witness je dôležité si stanoviť postupnosť jednotlivých fáz. Simulačný projekt je rozdelený na štyri základné fázy, ktoré sú na sebe závislé. [11]



Obr. 3 Fázy simulačného projektu [11]

## 5 OPTIMALIZÁCIA

### 5.1 Charakteristika

Simulačná optimalizácia je charakterizovaná ako optimalizácia výstupov zo simulačných modelov. Hľadanie najlepšieho možného variantu riadeného postupu, deja, rozhodnutia. Určenie optimálnych hodnôt vstupných parametrov, kde optimum je merané funkciou výstupných premenných zo simulačného modelu. Aby sa simulačná optimalizácia dala využiť, musí existovať simulačný model. Simulačný model ako funkcia, ktorá ohodnocuje nastavené vstupy.

Optimalizačné problémy:

- účelová funkcia
- súbor premenných, ktoré ovplyvňujú hodnotu účelovej funkcie
- súbor obmedzení pre premenné

Pri riešení optimalizačného problému sú obmedzenia vítané. Redukujú prehľadávaný priestor a prispievajú k rýchlejšiemu nájdeniu optimálneho riešenia. [16], [17]

Výhody simulačnej optimalizácie:

- Jednoduché použitie pre najrozličnejšie problémy.
- Definícia účelovej funkcie je jednoduchá.
- Jednoduché stanovovanie vstupných premenných a ich obmedzení.
- Simulačná optimalizácia prebieha automaticky.
- Výsledky sú riadne zobrazené.

Nevýhody simulačnej optimalizácie:

- Nutnosť vytvorenia simulačného modelu
- Časová náročnosť trvania simulačnej optimalizácie
- Nastavenie zlých podmienok

Postup pri optimalizácii:

- Reálny optimalizačný problém, tvorba modelu
- Stanovenie účelovej funkcie
- Aplikácia vhodnej optimalizačnej metódy

## **5.2 Faktory ovplyvňujúce priebeh simulačnej optimalizácie**

Jedným z prvých faktorov sú vstupné faktory, ich počet a rozsah. Vytvárajú celkový počet kombinácií, ktoré je možné preskúmať. Dĺžka simulačného behu ovplyvňuje čas simulačnej optimalizácie a ďalším faktorom je aj počet opakovaní. [16]

## **5.3 Metódy simulačnej optimalizácie**

Simulačná optimalizácia sa používa pri riešení rôznych problémov. Veľký dôraz sa kladie na zvolenie správneho postupu, ktorý závisí od zložitosti problému. Softwarová podpora simulačnej optimalizácie z nej robí silný nástroj pre riešenie reálnych problémov. Pri optimalizácii pomocou simulácie neexistuje jednoznačné optimálne riešenie. Výsledkom optimalizácie sú pravdepodobnostné veličiny. [16], [17]

Metódy optimalizácie:

- 1) Malý počet variant
- 2) Veľký počet variant
- 3) Evolučné algoritmy
  - a) Horolezecké algoritmy
  - b) Simulácia žihania

## **6 Návrh simulačného modelu**

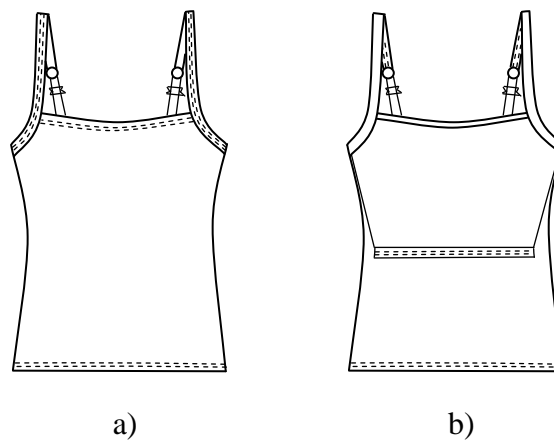
### **6.1 Súčasný stav výroby spodnej bielizne**

Výroba sa zameriava na výrobu tielok a nohavičiek. Výroba tielok je zostavená z ôsmych druhov strojov a piatich pracovníkov. Výroba nohavičiek je zostavená z šiestich druhov strojov a troch pracovníkov. Typy strojov sú podrobnejšie popísané v tabuľkách (viď. Tab. 2, Tab. 4, Tab. 6 a Tab.8) . Výroba je rozdelená na sekciu šitia a sekciu dokončovania.

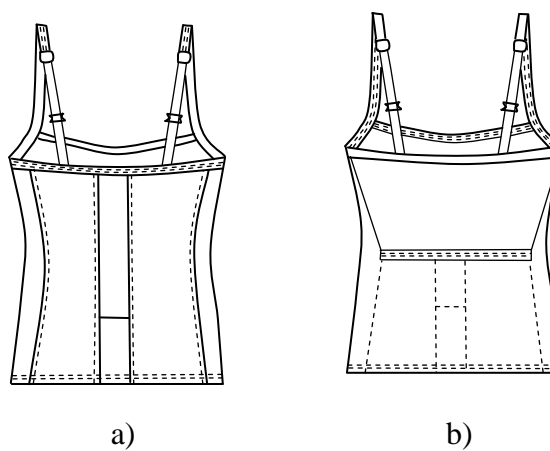
#### **6.1.1 Vstupné dáta**

Na základe vstupných dát, ktoré sú súčasťou technickej dokumentácie spodnej bielizne bol zostavený simulačný model výrobkov (viď. Obr. 15) a pomocou simulácie sa na ňom prevádzali simulačné behy.

Technická dokumentácia obsahuje technické nákresy, technické popisy výrobkov, ktoré sú podrobne popísané v nasledujúcich kapitolách. Jej súčasťou je aj súpis operácií tielok (viď. Tab. 1, Tab. 3), nohavičiek (viď. Tab. 5, Tab. 7) a k nim priradené typy použitých strojov, a čas trvania jednotlivých operácií. Ako pomôcka pri navrhovaní simulačných modelov bola vytvorená schéma toku materiálu tielka (viď. Obr. 8) , nohavičiek (viď. Obr. 11) a modelová schéma výrobného postupu (viď. Obr. 14) .

**6.1.2 Technický nákres tielka s výrobným číslom 020058***Obr. 4 Predný diel*

a) pohľad z vonku; b) pohľad z vnútra

*Obr. 5 Zadný diel*

a) pohľad z vonku; b) pohľad z vnútra



### 6.1.3 Technický popis tielka s výrobným číslom 020058

Dámska trupová spodná bielizeň, športového strihu, ktorá siaha po sedovú rovinu s prisadenými ramienkami (viď. Obr. 4, Obr. 5) . [20].

#### **PD:**

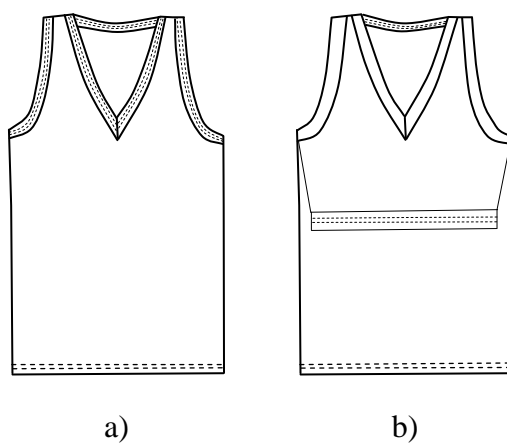
Predný diel je zdvojený. Skladá sa s vonkajšieho a vnútorného dielu. Vonkajší aj vnútorný diel je v celku. Vnútorný diel siaha pod podprsňú rovinu a v dolnom kraji je zapravený s vložením gumičky. Zdvojené diely sú spojené v oblasti priekrčníku a prieramkovej časti pomocným švom. Priekrčník je zapravený s vloženým gumičky . Prieramková časť je zapravená lemovacím pásikom s prisadenými nastaviteľnými ramienkami. Dolný kraj je zapravený a prešíty 25 mm.

#### **ZD:**

Zadný diel je zdvojený. Skladá sa s vonkajšieho a vnútorného dielu. Vnútorný diel je v celku. Siaha pod podprsňú rovinu a v dolnom kraji je zapravený s vložením gumičky. Zadný vonkajší diel je pozdĺžne členený v chrbtovej časti a v lopatkovej časti na štyri diely. Priekrčníková a prieramková časť je zapravená lemovacími pásikom s prisadenými nastaviteľnými ramienkami. Dolný kraj je zapravený a prešíty 25 mm.

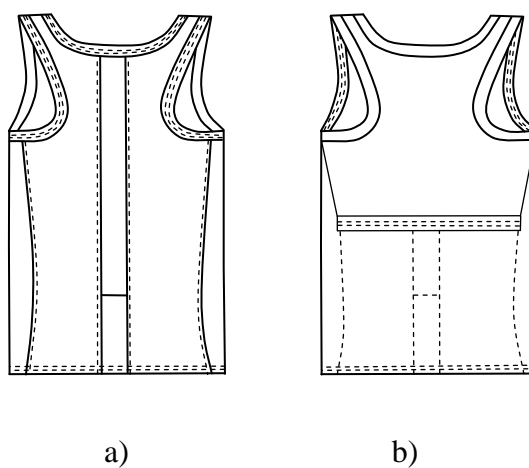
#### **Ramienka:**

Ramienka sú zložené z prednej a zadnej časti, a sú na tielko prisadené. Predná časť ramienok je zhotovená z lemovacieho pásiku. Zadná časť ramienok je tvorená z už opracovaných ramienok z elastického materiálu. Súčasťou zadných ramienok je krúžok a skracovač .

**6.1.4 Technický nákres tielka s výrobným číslom 020059**

*Obr. 6 Predný diel*

a)pohľad z vonku; b)pohľad z vnútra



*Obr. 7 Zadný diel*

a)pohľad z vonku; b)pohľad z vnútra

### 6.1.5 Technický popis tielka s výrobným číslom 020059

Dámska trupová spodná bielizeň, športového strihu, ktorá siaha po sedovú rovinu s prinechanými ramienkami (viď. Obr. 6, Obr. 7) . [20]

#### **PD:**

Predný diel je zdvojený. Skladá sa s vonkajšieho a vnútorného dielu. Vonkajší aj vnútorný diel je v celku s prinechanými ramienkami. Vnútorný diel je s prinechanými ramienkami, siaha pod podprsnú rovinu a jeho dolný kraj je zapravený s vložením gumičky. Zdvojené diely sú spojené v oblasti priekrčníku a prieramkovej časti s pomocným švom. Prieramková časť a priekrčnicková je zapravená s lemovacím pásikom s vložením gumičky. Dolný kraj vonkajšieho dielu je zapravený a prešíty 25 mm.

#### **ZD:**

Zadný diel je zdvojený. Skladá sa s vonkajšieho a vnútorného dielu. Vnútorný diel je v celku s prinechanými ramienkami, siaha pod podprsnú rovinu a jeho dolný kraj je zapravený s vložením gumičky. Zadný vonkajší diel je pozdĺžne členený v chrbtovej časti a v lopatkovej časti na štyri diely a má prinechané ramienka. Členiace švy na vonkajšom diely sú prešíte. Dolný kraj zadného vonkajšieho dielu siaha po sedovú rovinu, je zapravený a prešíty 25 mm. Prieramková časť a priekrčnicková je zapravená s lemovacím pásikom s vložením gumičky.

Tab. 1 Súpis operácií výroby tielka s výrobným číslom 020058

Sekcia	Číslo operácie	Popis operácie	Číslo stroja	Dĺžka operácie [min.]
šitie	1	zošit' visačku s ZD v priekrčnikovej časti	0809	2,6
	2	odšit' pravý bočný kraj vnútorného PD a ZD	0500	5,3
	3	našit' pásovú gumu na dolný kraj vnútorných dielov	0101	6,0
	4	odšit' ľavý bočný kraj vnútorného PD a ZD	0500	4,0
	5	zapošit' gumu v bočnom šve	602	2,7
	6	zošit' členiace kraje vonkajších ZD + odšit' bočné kraje vonkajších PD a ZD	0200	22,5
	7	zošit' pomocným švom prieramkovú a priekrčnikovú časť vonkajších PD a vnútorných PD + vonkajších ZD a vnútorných ZD	0809	30,5
	8	olemovať priekrčnikovú časť PD	0203	2,2
	9	zapošit' dolný kraj	0190	3,8
	10	olemovať prieramkovú časť a priekrčnikovú časť ZD	0101	8,3
	11	preštepovať časť predných ramienok, prieramkovú časť a priekrčnikovú časť ZD 25 mm	0186	4,9
	12	prevliecť predné ramienko a zadným ramienkom cez krúžok a ich konce za pošiť	0602	6,2
	13	prišiť ramienka na ZD	0809	7,9
dokončenia	14	Kontrola+ počítanie ks	0021	6,6
				<b>Σ 113,5 (min.)</b>

Tab. 2 Použité stroje pri výrobe tielka s výrobným číslom 020058

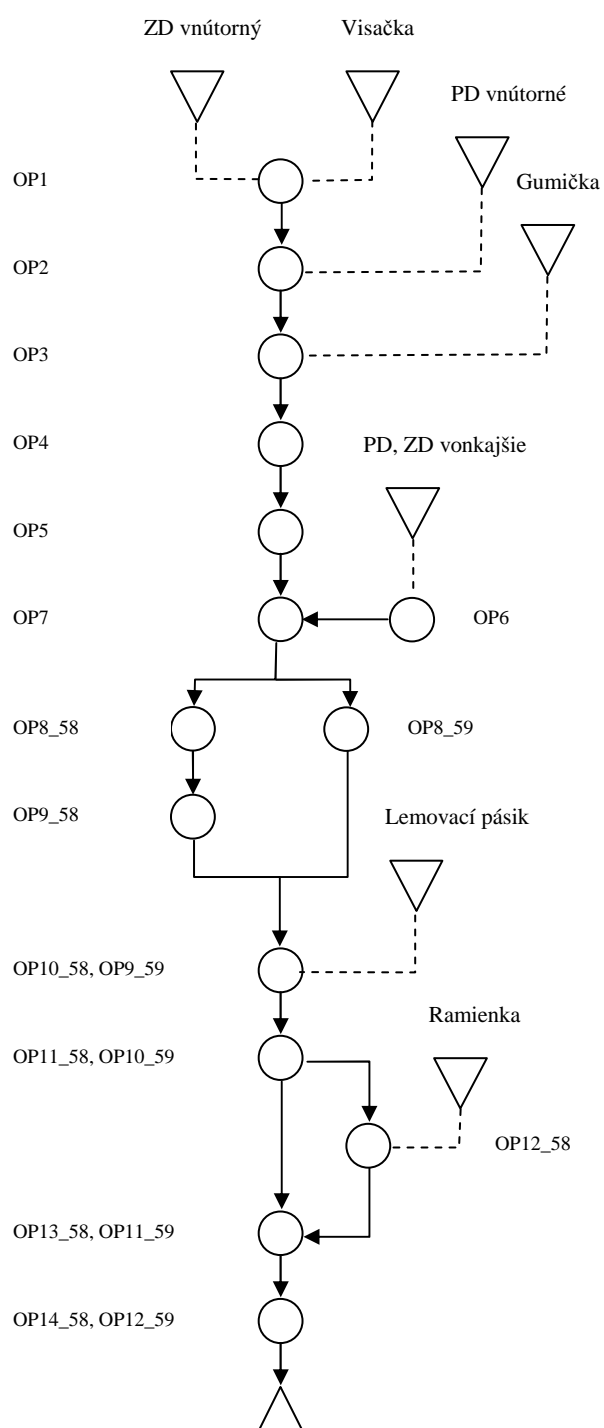
Číslo stroja	Popis stroja	Výrobné označenie	Počet strojov
<b>0809</b>	1 ihlový stroj	JUKI-DLD-436	3
<b>0500</b>	4 ihlový stroj	YAMATO-FD-62-07	2
<b>101</b>	2 ihlový stroj	YAMATO-DV-1403	2
<b>602</b>	šicí - zapošívací - automat	JUKI-AMS-205C	2
<b>0200</b>	1 ihlový obnitkovací stroj	JUKI-MO-2504	1
<b>0203</b>	1 ihlový obnitkovací stroj	YAMATO-AZ-8451	1
<b>0190</b>	2 ihlový stroj	YAMATO-VG 2740 P	1
<b>0186</b>	2 ihlový stroj	YAMATO-VF-2411	1

Tab. 3 Súpis operácií tielka s výrobným číslom 020059

Sekcia	Číslo operácie	Popis operácie	Číslo stroja	Dĺžka operácie [min.]
šitie	1	zošit' visačku s ZD v priekrčnikovej časti	0809	2,6
	2	odšit' pravý bočný kraj vnútorného PD a ZD	0500	5,3
	3	našit' pásovú gumu na dolný kraj vnútorných dielov	0101	6,0
	4	odšit' ľavý bočný kraj vnútorného PD a ZD	0500	4,0
	5	zapošit' gumu v bočnom šve	0602	2,7
	6	zošit' členiace kraje vonkajších ZD + odšit' bočné kraje vonkajších PD a ZD	0200	22,5
	7	zošit' pomocným švom prieramkovú a priekrčnikovú časť vonkajších PD a vnútorných PD + vonkajších ZD a vnútorných ZD	0809	30,5
	8	zošit' ramenné kraje	0200	9,0
	9	olemovať priekrčník a prieramky	0101	22,4
	10	zapošit' dolný kraj	0186	5,7
	11	vytvoriť uzávierky v zadnej priekrčnikovej časti a v zadnej prieramkovej časti	0809	17,2
dokončenia	12	Kontrola+ počítanie ks	0021	7,1
				Σ 135 (min.)

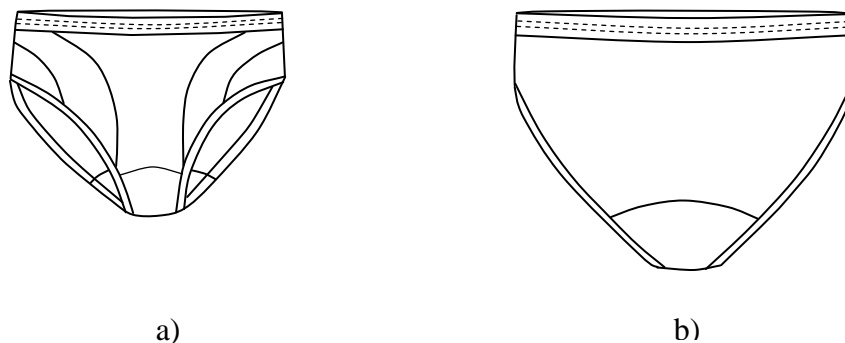
Tab. 4 Použité stroje pri výrobe tielka s výrobným číslom 020059

Číslo stroja	Popis stroja	Výrobné označenie	Počet strojov
0809	1 ihlový stroj	JUKI-DLD-436	3
0500	4 ihlový stroj	YAMATO-FD-62-07	2
0101	2 ihlový stroj	YAMATO-DV-1403	2
0602	šicí - zapošívací - automat	JUKI-AMS-205C	1
0200	1 ihlový obnitkovací stroj	JUKI-MO-2504	2
0186	2 ihlový stroj	YAMATO-VF-2411	1



Obr. 8 Tok materiálu tielok

### 6.1.6 Technický náčrt nohavičiek s výrobným číslom 020051



Obr. 9 Nohavičky

a) predný diel; b) zadný diel

### 6.1.7 Technický popis nohavičiek s výrobným číslom 020051

Dámsky spodný nohavicový odev športového strihu, s členenými prednými dielmi (viď. Obr. 9) . [20], [21]

#### **Predný diel :**

Predný diel je členený na štyri bočné diely a jeden stredný diel. Dve bočné členenia vedú z pásovej línie a dve z bočnej línie. Všetky členiace diely sú z rovnakého materiálu.

#### **Zadný diel :**

Zadný diel je v celku a v rozkrokovej časti je zdvojený rozkrokový klin.

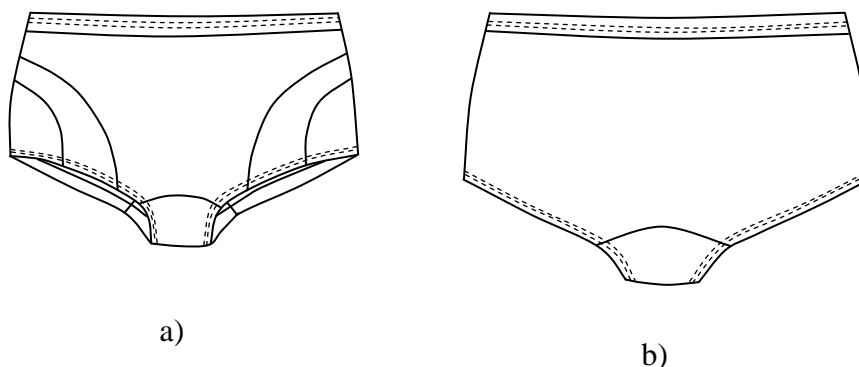
#### **Pásový kraj :**

Pásový kraj je zapravený pomocou pásovej gummy.

#### **Dolný výkroj :**

Dolný výkroj nohavičiek je zapravený lemovacím pásikom.

### 6.1.8 Technický náčrt nohavičiek s výrobným číslom 020052



*Obr. 10 Nohavičky*

a) predný diel; b) zadný diel

### 6.1.9 Technický popis nohavičiek s výrobným číslom 020052

Dámsky spodný nohavicový odev športového strihu. Bočné diely sú predĺžené a predné diely sú členené (viď. Obr. 10) . [20], [21]

#### **Predný diel:**

Predný diel je členený na dve bočné a jeden stredný diel. Členenia vedú z bočnej časti. Všetky členiace diely sú z rovnakého materiálu.

#### **Zadný diel:**

Zadný diel je v celku. V rozkrokovej časti je zdvojený rozkrokový klin.

#### **Pásový kraj:**

Pásový kraj je zapravený pomocou pásovej gummy.

#### **Dolný výkroj:**

Dolný výkroj je zapravený s vložení gumičky a prešíť 25 mm.



Tab. 5 Súpis operácií výroby nohavičiek s výrobným číslom 020051

Sekcia	Číslo operácie	Popis operácie	Číslo stroja	Dĺžka operácie [min.]
šitia	1	zošit' členiace švy PD	0500	25
	2	zošit' PD s rozkrokovým klinom	0105	4,7
	3	zošit' PD a ZD v bočnom kraji	0500	10,2
	4	zošit' kraje pásovej gumy	0600	2,6
	5	našit' pásovú gumu na pásový kraj s vložením visačky	0197	5,8
	6	zošit' ZD s rozkrokovým klinom	0500	3,8
	7	zapraviť dolné výkroje lemovaním	0602	3,8
dokončenia	8	kontrola	0021	4,8
$\Sigma$				<b>60.7 (min.)</b>

Tab. 6 Použité stroje pri výrobe nohavičiek s výrobným číslom 020051

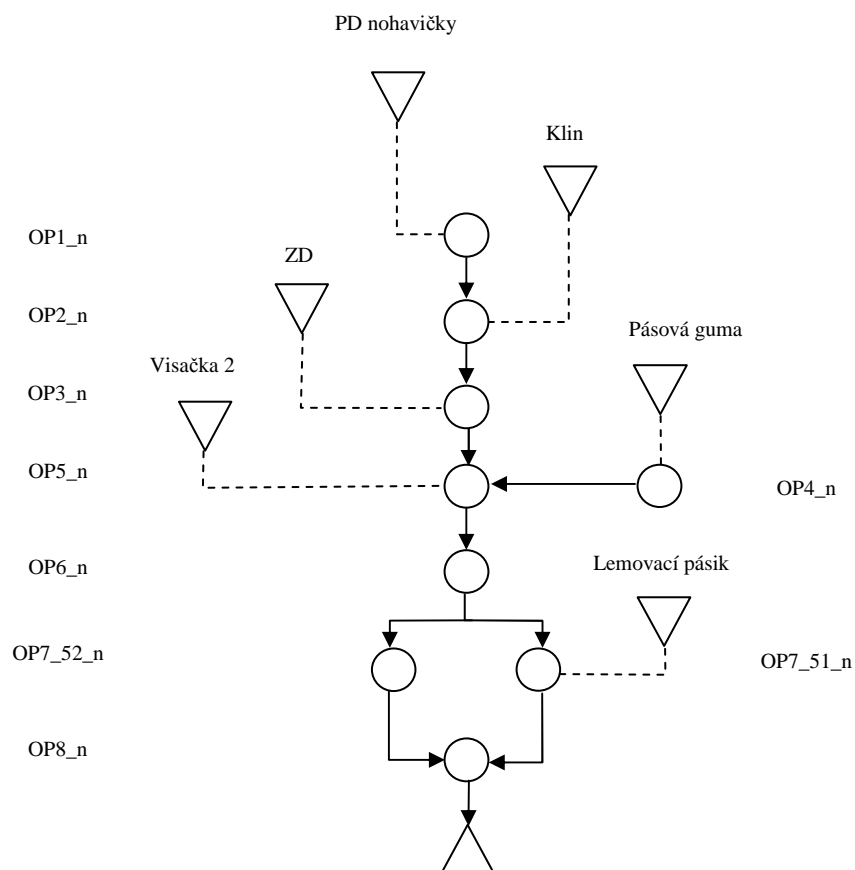
Číslo stroja	Popis stroja	Výrobné označenie	Počet strojov
<b>0500</b>	4 ihlový stroj	YAMATO-FD-62-07	3
<b>0105</b>	2 ihlový stroj	YAMATO-DV-1403	1
<b>0600</b>	šijací automat	JUKI-AMS-210 E	1
<b>0197</b>	2 ihlový stroj	YAMATO-VG-2735	1
<b>0602</b>	šijací automat	JUKI-AMS-205C	1

Tab. 7 Súpis operácií výroby nohavičiek s výrobným číslom 020052

Sekcia	Číslo operácie	Popis operácie	Číslo stroja	Dĺžka operácie [min.]
<b>šitia</b>	1	zošit' členiace švy PD	0500	25
	2	zošit' PD s rozkrokovým klinom	0105	4,7
	3	zošit' PD a ZD v bočnom kraji	0500	10,2
	4	zošit' kraje pásovej gumy	0600	2,6
	5	našit' pásovú gumu na pásový kraj z vložením visačky	0197	5,8
	6	zošit' ZD s rozkrokovým klinom	0500	3,8
	7	zapraviť a prešit' dolné výkroje 12 mm	0186	12,6
<b>dokončenia</b>	8	kontrola	0021	4,8
<b>Σ</b>				<b>69,5 (min.)</b>

Tab. 8 Použité stroje pri výrobe nohavičiek s výrobným číslom 020052

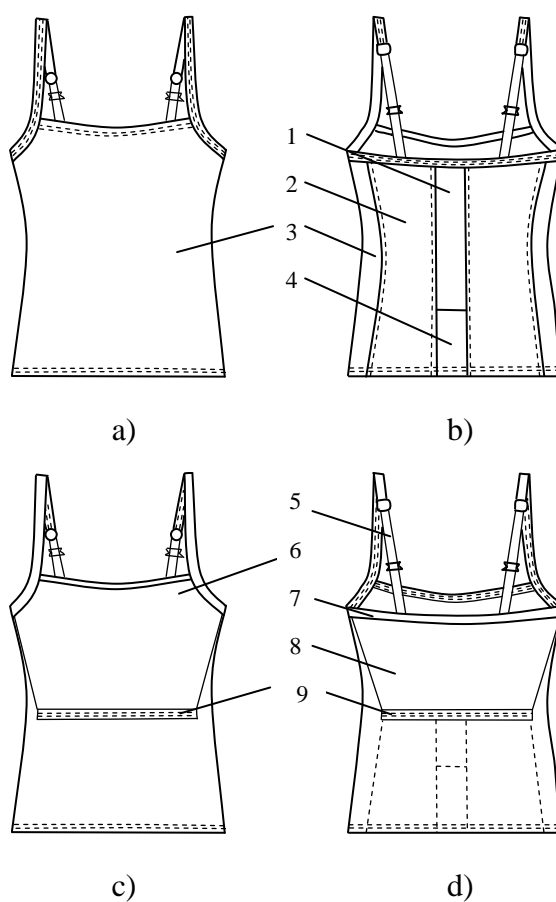
Číslo stroja	Popis stroja	Výrobné označenie	Počet strojov
<b>0500</b>	4 ihlový stroj	YAMATO-FD-62-07	3
<b>0105</b>	2 ihlový stroj	YAMATO-DV-1403	1
<b>0600</b>	šijací automat	JUKI-AMS-210 E	1
<b>0197</b>	2 ihlový stroj	YAMATO-VG-2735	1
<b>0186</b>	2-ihlový stroj	YAMATO-VF-1411	1



Obr. 11 Tok materiálu nohavičiek

## 6.2 Simulačný model výrobkov

Simulačný model bol vytvorený na základe vstupných dát a definovaním základných prvkov (viď. Príloha č.1) v programe Witness. Simulačný model tvoria vstupné diely, ktoré sú popísané na Obr. 12 a Obr. 13, pre lepšiu orientáciu v simulačnom modeli. Jednotlivé diely sú popísané na jednom z dvoch výrobkov, vzhľadom na ich podobnosť.

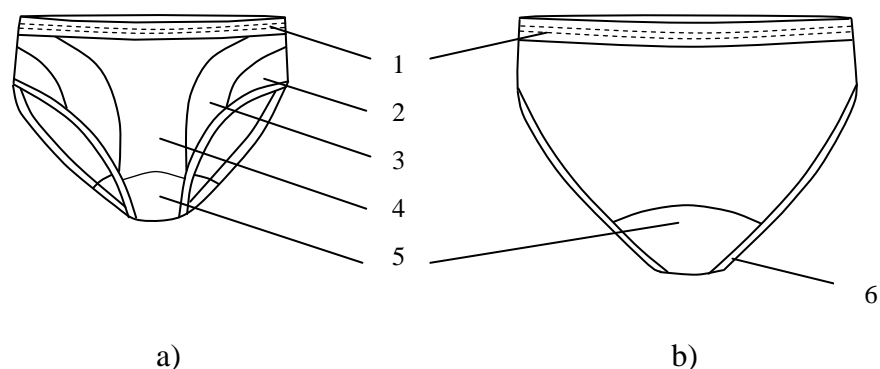


Obr. 12 Popis dielov tielok

a) Pohľad spredu z vonku; b) Pohľad zozadu z vonku;

c) Pohľad spredu z vnútra ; d) Pohľad zozadu z vnútra

**1**-ZD vonkajší členiaci č.1; **2**-ZD vonkajší členiaci č.2; **3**-PD vonkajší; **4**-ZD vonkajší členiaci č.3; **5**-ramienka; **6**-PD vnútorný; **7**-lemovací pásik; **8**-ZD vnútorný; **9**- gumička;



*Obr. 13 Popis dielov nohavičiek*

a) pohľad spredu; b) pohľad zozadu

**1**-Pásová guma; **2**-PD členiaci č.1; **3**-PD členiaci č.2;

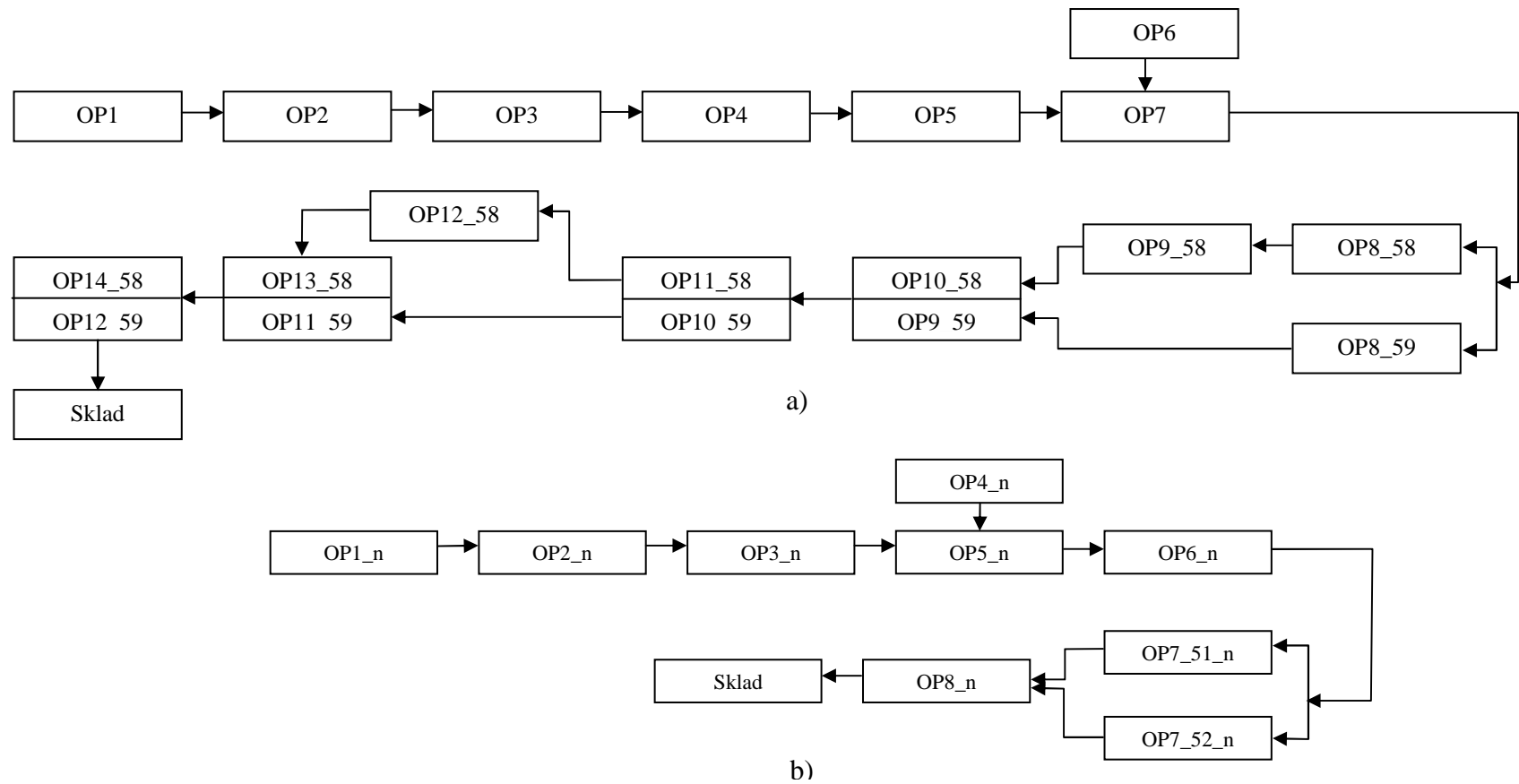
**4**-PD členiaci č.3; **5**-klin; **6**-lemovací pásik

Ďalšími prvkami v simulačnom modeli sú šijacie stroje a zásobníky, v ktorých sa zhromažďujú diely. Jednotlivé šijacie stroje sú určené pre tielko s výrobným číslom 020058 a 020059. Pre nohavičky sú stroje určené s výrobným číslom 020051 a 020052.

Šijacie stroje OP1, OP2, OP3, OP4, OP5, OP6 a OP7 využívajú oba typy tielok. Tielko s výrobným číslom 020058 využíva stroje OP8\_58, OP9\_58, OP10\_58, OP11\_58, OP12\_58, OP13\_58, OP14\_58. Tielko v výrobnom číslom 020059 využíva stroje OP8\_59, OP9\_59, OP10\_59, OP11\_59, OP12\_59.

Šijacie stroje OP1\_n, OP2\_n, OP3\_n, OP4\_n, OP5\_n, OP6\_n, OP8\_n, OP9 využívajú oba typy nohavičiek. Nohavičky s výrobným číslom 020051 využíva stroj OP7\_51\_n a nohavičky s výrobným číslom 020052 stroj OP7\_52\_n.

Simulačný model je nastavený na výrobu päťdesiatich kusov výrobkov z každého druhu. Pri dosiahnutí sto kusov tielok a sto kusov nohavičiek sa simulácia zastaví. Simulácia trvala 3185.00 min. (2 dni :5 h :5 min.). Čas v simulácii bol zrýchlený, odstopovaní čas trval 00:09:13:56.



Obr. 14 Modelová schéma výrobného postupu

a) výroba tielok; b) výroba nohavičiek



### 6.3 Stanovanie najslabšieho miesta simulačného modelu

Pri stanovení najslabšieho miesta nasimulovaného modelu sme zistili zaťaženie jednotlivých pracovných miest výpočtom pracovného taktu pre výrobu tielok a výrobu nohavičiek. [3]

$$Pt_1 = \frac{(N_{\check{v}1} + N_{\check{v}2})/2}{D_1} = \frac{(113,5 + 135)/2}{5} = 24,85[-] \quad (1)$$

$$Pt_2 = \frac{(N_{\check{v}1\_n} + N_{\check{v}2\_n})/2}{D_2} = \frac{(60,7 + 69,5)/2}{3} = 21,7[-] \quad (2)$$

$$Zp = \frac{N_{\check{c}p}/2}{Pt_n} \cdot 100[\%] \quad (3)$$

$P_{t1}$  - pracovný takt pre výrobu tielok [-]

$N_{\check{v}1}$  - normočas výrobku (tielka s výrobným číslom 020058) [min.]

$N_{\check{v}2}$  - normočas výrobku (tielka s výrobným číslom 020059) [min.]

$D_1$  - počet pracovníkov pri výrobe tielok [-]

$P_{t2}$  - pracovný takt pre výrobu nohavičiek [-]

$N_{\check{v}1\_n}$  - normočas výrobku (nohavičky s výrobným číslom 020051) [min.]

$N_{\check{v}2\_n}$  - normočas výrobku (nohavičky s výrobným číslom 020052) [min.]

$D_2$  - počet pracovníkov pri výrobe nohavičiek [-]

$Z_p$  - percento zaťaženia jedného pracovníka [%]

$N_{\check{c}p}$  - normočas pripadajúci na jedného pracovníka [min.]

$P_{t_n}$  - priemerné zaťaženie pracovného miesta [-]

Pri percentuálnom vyhodnotení zaťaženia pracovných miest (viď. Tab. 9) bol pri výrobe tielok najviac zaťažený pracovník s číslom 2. Jeho zaťaženie 123% presahuje predpísanú toleranciu, ktorá je od 80% do 120%. Ostatní pracovníci pre výrobu tielok spadajú do predpísanej tolerancie.



Tab. 9 Vyťaženosť pracovníkov pri výrobe tielok

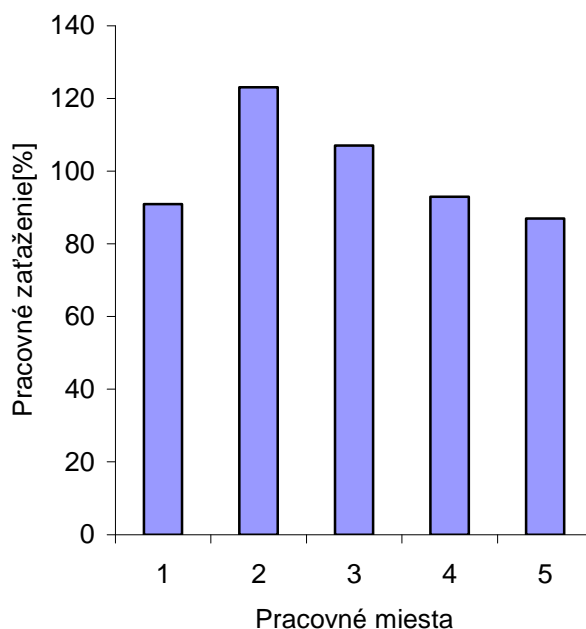
Číslo pracovníka	Tielko 020058			Tielko 020059			
	číslo operácie	číslo stroja	dĺžka operácie [min]	číslo operácie	číslo stroja	dĺžka operácie [min]	zaťaženie pracovníka [%]
1	6	200	22,5	6	200	22,5	91
2	7	809	30,5	7	809	30,5	123
3	9	190	3,8	9	101	22,4	107
	10	101	8,3				
	2	500	5,3	2	500	5,3	
	4	500	4,0	4	500	4,0	
4	8	200	2,2	11	809	17,2	93
	13	809	7,9				
	5	602	2,7	5	602	2,7	
	14	kontrola	6,6	12	kontrola	7,1	
5	1	809	2,6	1	809	2,6	87
	12	602	6,2	8	200	9,0	
	3	101	6,0	3	101	6,0	
	11	186	4,9	10	186	5,7	
Σ 113,5			Σ 135				

U percentuálnom vyhodnotení zaťažených pracovných miest pri výrobe nohavičiek (viď. Tab. 10) bol pracovník s číslom 1 výrazne zaťaženým na 142%. Percentuálne zaťaženie u zvyšných pracovníkov pri výrobe nohavičiek bolo pod toleranciou 80%. Pracovník s číslom 2 mal 77% a pracovník s číslom 3 mal 78%.

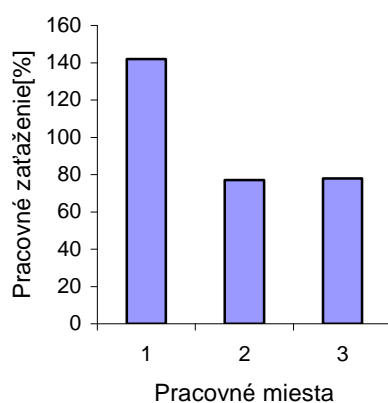
Tab. 10 Vyťaženosť pracovníkov pri výrobe nohavičiek

Číslo pracovníka	Nohavičky 020051			Nohavičky 020052			
	číslo operácie	číslo stroja	dĺžka operácie [min]	číslo operácie	číslo stroja	dĺžka operácie [min]	zaťaženie pracovníka [%]
1	1	500	25,0	1	500	25,0	145
	4	600	2,6	4	600	2,6	
	6	500	3,8	6	500	3,8	
2	3	500	10,2	3	500	10,2	77
	2	105	4,7	2	105	4,7	
	7_51	602	3,8				
3	5	197	5,8	5	197	5,8	78
	8	kontrola	4,8	7_52	186	12,6	
				8	kontrola	4,8	
Σ 60,7			Σ 69,5				

Získané hodnoty predpokladaného zaťaženia pracovníkov sme zobrazili v diagramoch zaťaženia pracovných miest ( vid'. Graf 1. a Graf 2 ). Hodnoty diagramu vyjadrujú percentuálne vyjadrenie časovej jednotky.



*Graf 1. Diagram zaťaženia pracovných miest pri výrobe tielok*



*Graf 2. Diagram zaťaženia pracovných miest pri výrobe nohavičiek*

## 7 Optimalizácia nasimulovaného modelu.

### 7.1 Stanovanie parametrov

Pred samotnou optimalizáciou sme si stanovili hodnoty premenných, ktoré boli použité pri navrhovaní účelovej funkcie. Výber premenných a ich hodnoty sú zapísane v tabuľkách (viď. Tab. 11, Tab. 12) . Uvedené hodnoty sú približné.

*Tab .11 Hodnoty premenných pre tielka*

Názov pramennej	Cena [Kč]	Popis premennej
cena_tielka58	135	predajná cena
cena_tielka59	125	
materialove_naklady58	50	cena za materiál
materialove_naklady59	30	
cena_prac1	0,605	cena pracovníka
cena_prac2	0,731	
cena_prac3	1,091	
cena_prac4	0,908	
cena_prac5	0,567	

*Tab .12 Hodnota premenných pre nohavičky*

Názov pramennej	Cena [Kč]	Popis premennej
cena_nohavičiek51	80	predajná cena
cena_nohavičiek52	90	
materialove_naklady51	20	cena za materiál
materialove_naklady51	15	
cena_prac1_n	0,412	cena pracovníka
cena_prac2_n	0,743	
cena_prac3_n	0,657	

## 7.2 Zostavenie účelovej funkcie a jej popis

Účelová funkcia bola zostavená zvlášť pre tielka a zvlášť pre nohavičky. V programe Witness sa zapisuje do vytvorenej premennej funkcia (viď. Príloha1).

### Účelová funkcia pre tielka:

$$\text{zisk} = 50 * \text{cena\_tielka58} + 50 * \text{cena\_tielka59} - \text{cena\_prac1} * \text{NQTY}(\text{prac1}) * 100 - \text{cena\_prac2} * \text{NQTY}(\text{prac2}) * 100 - \text{cena\_prac3} * \text{NQTY}(\text{prac3}) * 100 - \text{cena\_prac4} * \text{NQTY}(\text{prac4}) * 100 - \text{cena\_prac5} * \text{NQTY}(\text{prac5}) * 100 - \text{materialove\_naklady58} * 50 - \text{materialove\_naklady59} * 50$$

### Účelová funkcia pre nohavičky:

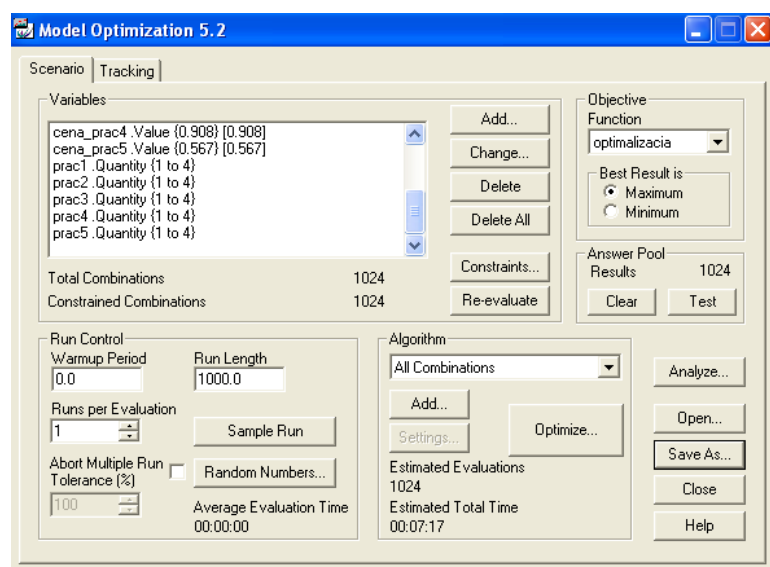
$$\text{zisk1} = 50 * \text{cena\_nohavičiek51} + 50 * \text{cena\_nohavičiek52} - \text{cena\_prac1\_n} * \text{NQTY}(\text{prac1\_n}) * 100 - \text{cena\_prac2\_n} * \text{NQTY}(\text{prac2\_n}) * 100 - \text{cena\_prac3\_n} * \text{NQTY}(\text{prac3\_n}) * 100 - \text{materialove\_naklady51} * 50 - \text{materialove\_naklady52} * 50$$

Účelová funkcia bola nastavená na maximalizáciu zisku. Zisk tvorí rozdiel medzi výnosmi a nákladmi. Výnosy sú závislé od objemu výroby a ceny výrobku. Medzi náklady sú zahrnuté materiálové náklady, ceny výrobkov a pracovníkov.

Ceny výrobku, ceny materiálu, ceny pracovníkov sú hodnoty fixné. Hodnoty, ktoré sa budú meniť sú počty pracovníkov.

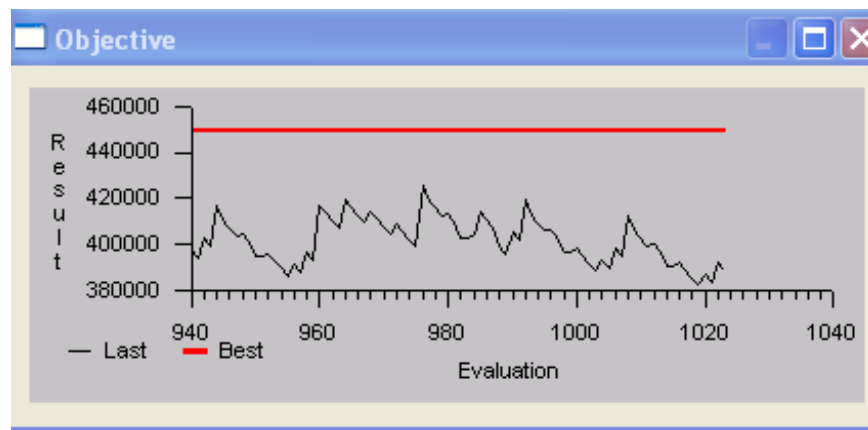
### 7.3 Zápis v optimalizačnom module

Optimalizácia bola prevedená optimalizačnou metódou v programe Optimizer. Za metódu optimalizácie pre oba výrobky sme si zvolili metódu All Combinations.



Obr. 16 Okno optimalizačného modulu softvéru Witness pre tielka

Ako príklad zobrazenie okna optimalizačného modulu (viď. Obr. 16.) bolo zobrazené okno optimalizácie tielok. V okne Variables sme zapísali všetky premenné daných výrobkov, ktoré sú zapísané v účelovej funkcii a ich fixné hodnoty. Počet pracovníkov bol nastavený, u tielok aj nohavičiek, na interval od 1 do 4. Vybraná funkcia s názvom *optimalizácia* je funkcia, ktorú budeme optimalizovať pre výrobu tielok. Pre zoptimalizovanie nohavičiek je vytvorená funkcia s názvom *optimalizácia 1*.



Obr. 17 Hodnota účelová je funkcia počas optimalizácie tielok

Počas optimalizácie sa hodnoty účelovej funkcie zaznamenávajú do grafu (viď. Obr. 17). Červená čiara v grafe označuje najlepšiu výslednú hodnotu účelovej funkcie. Optimalizér určí všetky možné kombinácie, ktoré je možné vykonať. Vyhodnotenie všetkých kombinácií pre tielka je zaznamenaný do tabuľky (viď. Obr.18). Výsledky optimalizácie pre nohavičky sú priložené v prílohe č.2 (viď. Obr. 29).

Results - Best 50 [optimalizacia]																
Results   Results Chart   Parameter Analysis																
	Evaluation	optimalizacia	cena_tielka58	cena_tielka59	materialo_va_nakla	materialo_va_nakla	cena_prac1	cena_prac2	cena_prac3	cena_prac4	cena_prac5	prac1_Quantity	prac2_Quantity	prac3_Quantity	prac4_Quantity	prac5_Quantity
3	592	437839.4	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	3	2	2	1	1
4	208	436352.6	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	4	2	1	1
5	4	442602	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	1	2	1
6	5	439313.4	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	1	2	2
7	6	436024.8	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	1	2	2
8	400	437096	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	3	2	1	1
9	8	437335.6	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	1	3	1
10	9	434047	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	1	3	2
11	337	434503.2	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	2	2	1	2
12	324	434853.2	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	2	1	2	1
13	288	439284.9	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	1	3	1	1
14	264	433626.6	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	1	1	3	1
15	80	444978.4	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	2	2	1	1
16	272	445721.8	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	1	2	1	1
17	16	449291.3	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	2	1	1
18	17	442252	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	2	1	2
19	18	438963.4	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	2	1	3
20	19	435674.8	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	2	1	4
21	20	436274.2	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	2	2	1
22	544	435715.4	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	3	1	3	1	1
23	274	435454.4	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	1	2	1	3
24	132	434122.4	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	3	1	2	1
25	96	438541.5	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	2	3	1	1
26	25	437994	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	2	3	2
27	26	434592	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	2	3	3
28	273	438743	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	1	2	1	2
29	784	438502.8	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	4	1	2	1	1
30	529	435234	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	3	1	2	1	2
31	145	433772.4	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	3	2	1	2
32	82	434723.6	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	2	2	1	3
33	32	412651.4	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	3	1	1
34	33	435924.2	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	3	1	2
35	352	434972	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	2	3	1	1
36	261	435804.4	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	1	1	2	2
37	528	442152.3	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	3	1	2	1	1
38	260	439093	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	1	1	2	1
39	81	438012.2	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	2	2	1	2
40	68	438362.2	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	2	1	2	1
41	516	435584	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	3	1	1	2	1
42	64	435341.9	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	2	1	1	1
43	336	441408.9	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	2	2	1	1
44	281	434364	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	1	2	3	2
45	69	435073.6	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	2	1	2	2
46	848	434269.9	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	4	2	2	1	1
47	256	436060.1	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	2	1	1	1	1
48	144	440665.5	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	3	2	1	1
49	48	436417.5	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	1	4	1	1
50	160	434228.6	135	125	50	30	0.605	0.731	1.091	0.908	0.567	1	3	3	1	1

Obr. 18 Tabuľka výsledkov optimalizácie simulovaného modelu tielok

## 7.4 Vyhodnotenie optimalizácie

V tejto záverečnej kapitole boli vyhodnotené výsledky optimalizácie výrobkov. Použitím optimalizačného modulu optimalizér pri výrobe tielok a nohavičiek bolo vygenerovaných niekoľko kombinácií optimalizácie. Pre tielka 1024 kombinácií a pre nohavičky 64 kombinácií. V tab. 13 a tab. 14 sú uvedené najlepšie možnosti optimalizácie. Z kombinácií, ktoré optimalizačný modul navrhol pri danom zisku určil zmenu v počte jednotlivých pracovníkov.

*Tab. 13 Vyhodnotenie optimalizácie tielok*

	Zisk	Počet pracovníkov č.1	Počet pracovníkov č.2	Počet pracovníkov č.3	Počet pracovníkov č.4	Počet pracovníkov č.5
1.	449291.3	1	1	2	1	1
2.	440665.5	1	3	2	1	1
3.	435341.9	1	2	1	1	1

*Tab. 14 Vyhodnotenie optimalizácie nohavičiek*

	Zisk	počet Pracovníkov č.1	počet Pracovníkov č.2	počet Pracovníkov č.3
1.	421602	3	1	1
2.	411266	2	1	1

Vyhodnotením výsledkov optimalizácie tielok sme zvolili kombináciu 3. (viď. Tab. 13), kde optimalizér navrhol zdvojnásobiť počet pracovníkov s číslom 2. Pracovník s číslom 2 obsluhuje pracovisko OP7.

Z výsledkov optimalizácie nohavičiek sme si zvolili kombináciu 1. (viď. Tab. 14), ktorá navrhuje strojnásobiť počet pracovníkov s číslom 1. Tento pracovník obsluhuje viacero pracoviísk a to pracovisko OP1\_n, OP4\_n a OP6\_n.

Zvýšením počtu pracovníkov u oboch výrobkov bolo potrebné prepočítať pracovný takt. Pri tielkach sa počet pracovníkov zvýšil z 5 na 6 pracovníkov. Pracovný takt po optimalizácii:

$$Pt_1 = \frac{(N_{\dot{c}v1} + N_{\dot{c}v2})/2}{D_1} = \frac{(113,5 + 135)/2}{6} = 20,708[-]$$

Pri nohavičkách sa počet pracovníkov zvýšil z 3 na 5 pracovníkov. Pracovní takt po optimalizácii:

$$Pt_2 = \frac{(N_{\dot{c}v1\_n} + N_{\dot{c}v2\_n})/2}{D_2} = \frac{(60,7 + 69,5)/2}{5} = 13,02[-]$$

Po prepočítaní pracovných taktov sme prepočítali aj percentuálne zaťaženie jednotlivých pracovníkov. Percento zaťaženia pracovných miest pri výrobe tielok bolo presne v rozhraní od 80 do 120%. Navýšením počtu pracovníkov z 1 na 2, na pracovisku OP7 sme zvýšili aj počet strojov typu 809 (1 ihlový stroj) z jedného na dva a optimálne rozložili jednotlivé operácie výrobného postupu medzi pracovníkov (vid'. Tab. 15).

Tab. 15 Vyťaženosť pracovníkov pri výrobe tielok po optimalizácii

Číslo pracovníka	Tielko 020058			Tielko 020059			
	číslo operácie	číslo stroja	dĺžka operácie [min]	číslo operácie	číslo stroja	dĺžka operácie [min]	zaťaženie pracovníka [%]
1	6	200	22,5	6	200	22,5	109
2	7	809	15,25	5	809	15,25	96
	5	602	2,7		620	2,7	
	9	190	3,8				
3	7	809	15,25	7	809	15,25	99
	2	500	5,3	2	500	5,3	
4	10	101	8,3	4	101	22,4	99
	4	500	4,0		500	4,0	
	8	200	2,2				
5	13	809	7,9	11	809	17,2	94
	14	kontrola	6,6	12	kontrola	7,1	
6	1	809	2,6	1	809	2,6	104
	3	101	6	3	101	6	
	11	186	4,9	10	186	5,7	
	12	602	6,2	8	200	9	
Σ 113,5			Σ 135				

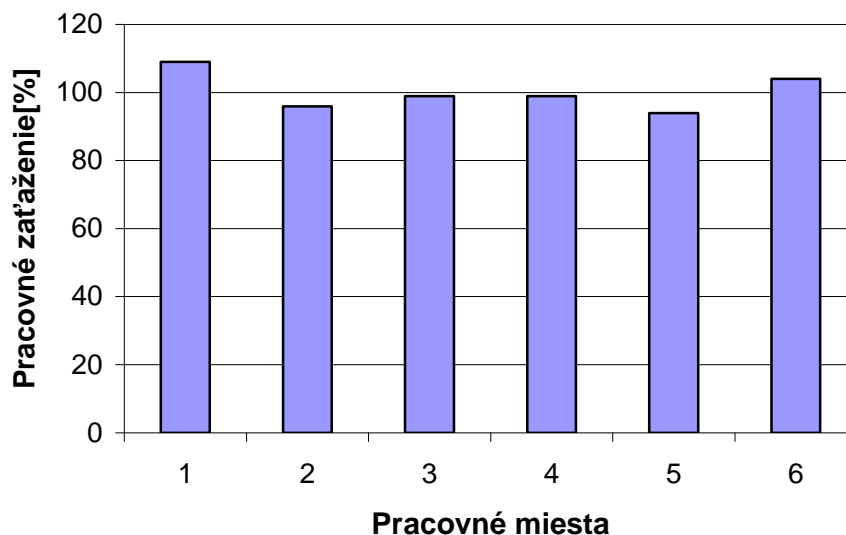


Percento zaťaženia pracovných miest pri výrobe nohavičiek bolo v rozhraní od 80 do 120%. Medzi zvýšených pracovníkov z 1 na 3 boli jednotlivé operácie výrobného postupu optimálne rozložené (viď. Tab. 16). Navýšením pracovníkov sme zdvojnásobili pracovisko OP1 so zvýšením strojov z jedného na dva, s typom 500 (4 ihlový stroj).

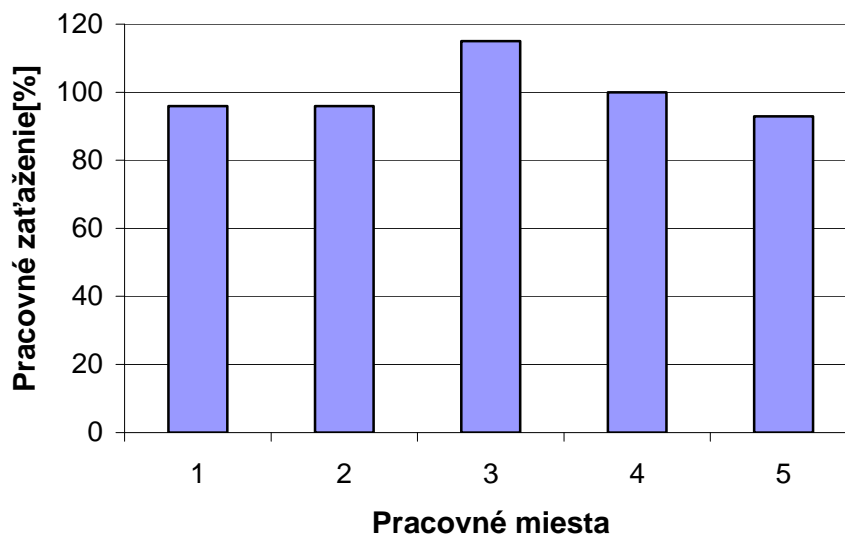
Tab. 16 Vyťaženosť pracovníkov pri výrobe nohavičiek po optimalizácii

Číslo pracovníka	Nohavičky 020051			Nohavičky 020052			
	číslo operácie	číslo stroja	dĺžka operácie [min]	číslo operácie	číslo stroja	dĺžka operácie [min]	zaťaženie pracovníka [%]
1	1	500	12,5	1	500	12,5	96
2	1	500	12,5	1	500	12,5	96
3	3	500	10,2	3	500	10,2	115
	8	kontrola	4,8	8	kontrola	4,8	
4	2	105	4,7	2	105	4,7	100
	4	600	2,6	4	600	2,6	
	6	500	3,8	6	500	3,8	
	7_51	602	3,8				
5	5	197	5,8	5	197	5,8	93
				7_52	186	12,6	
			Σ 60,7				Σ 69,5

Celkové zhodnotenie zaťaženia pracovísk po návrhu optimalizácie sme zobrazili v grafe 3 a grafe 4. Porovnaním percentuálneho zaťaženie pracovníkov pred optimalizáciou a po optimalizáciu sme došli k záveru, že došlo k optimálnemu zaťaženiu jednotlivých pracovníkov.



Graf 3. Diagram zaťaženia pracovných miest po optimalizácií pri výrobe tielok



Graf 4. Diagram zaťaženia pracovných miest po optimalizácií pri výrobe nohavičiek

## 8 Záver

Cieľom diplomovej práce bolo pomocou optimalizácie navrhnúť efektívne riešenie, pri stanovení najslabšieho miesta pôvodného stavu výroby tielok a nohavičiek.

K vytvoreniu simulačného modelu nám dopomohli podrobné charakteristiky výrobkov firmy Gemtex, popis súčasného stavu ich výroby, tok materiálu a modelové schémy výroby.

Stanovili sme najslabšie miesta nasimulovaného modelu pomocou výpočtov o percentuálnom zaťažení jednotlivých pracovníkov pôvodného stavu výroby. Pred samotnou optimalizáciou sme si stanovili hodnoty premenných, ktoré boli zapísané do optimalizačného modulu.

Úlohou optimalizácie simulačného modelu bolo zaistiť plynulosť výroby pri posilnení najslabších miest výroby. Výsledky optimalizácie boli zaznamenané a následne vyhodnotené. Z vyhodnotených výsledkov bola zvolená jedna kombinácia optimalizácie pre tielka a jedna kombinácia pre nohavičky. Úpravou zaťaženia pracovných miest pomocou navrhnutých kombinácií boli spravené nové prepočty percentuálneho zaťaženia pracovných miest. Vyhodnotením nového zaťaženia pracovníkov sme dospeli k záveru, že pracovné miesta boli optimálne zaťažené.

Optimalizáciou simulovanej výroby tielok a nohavičiek sme navrhli optimálne riešenie, ktoré má pomôcť predísť problémom pri zostavovaní už reálnej výroby v praxi.

## 9 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] MALINDŽÁK, Dušan. *Simulácia Procesov*. Košice: Technická Univerzita, 1991.
- [2] SPIŠÁK, Emil. *Modelovanie a simulácia technologických procesov*. Košice: Elfa, 1995.
- [3] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<[http://www.kod.tul.cz/info\\_predmety/Tep/TEP\\_3\\_prednaska\\_tecnologicka\\_web2.pdf](http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Tep/TEP_3_prednaska_tecnologicka_web2.pdf)>.
- [4] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<[http://www.kod.tul.cz/info\\_predmety/Psi/prednasky\\_2007/prednaska\\_08/mkp\\_08.pdf](http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Psi/prednasky_2007/prednaska_08/mkp_08.pdf)>.
- [5] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2007-11-20/12-52-41.pdf>>.
- [6] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<[http://www.kod.tul.cz/ucebni\\_materialy/PSI/texty/def\\_sim-2.htm](http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/PSI/texty/def_sim-2.htm)>.
- [7] TUČEK, David. *Simulace a optimalizace při plánování výroby. Sborník příspěvků z 9.ročníku konference WITNESS 2006. Humusoft s.r.o a Vysoké učení technické v Brně*. Fakulta podnikatelská. Červen 2009, Čejkovce, str.19.  
ISBN 80-214-3198-9.
- [8] DLOUHÝ, M., FÁBRY, J., KUNCOVÁ, M., HLADÍK, T. *Simulace podnikových procesů*. Brno: Computer Press, 2007.
- [9] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<[http://www.kod.tul.cz/info\\_predmety/Psi/prednasky\\_2007/prednaska\\_08/Simulace\\_uvod\\_08\\_b.pdf](http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Psi/prednasky_2007/prednaska_08/Simulace_uvod_08_b.pdf)>.
- [10] RÁBOVÁ, Z., ČEŠKA, M., ZENDULKA, J. *Modelování a simulace*. Praha : SNTL, 1982.
- [11] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<[http://www.kod.tul.cz/ucebni\\_materialy/PSI/texty/def\\_sim-4.htm](http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/PSI/texty/def_sim-4.htm)>.
- [12] CHAJDAK, J., Grell, M. *Podpora rozhodovacích procesov*. Bratislava : Statis, 2006.

- [13] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:< <http://www.sjf.tuke.sk/novus/papers/769-775.pdf> >.
- [14] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:< <http://www.lanner.com/>>.
- [15] KŮS, Z., GLOMBÍKOVÁ, V., HALASOVÁ, A. *Simulace výrobních systémů - díl 1*. 1. vyd. Liberec: Technická Univerzita. Katedra oděvnictví, 2002.
- [16] VAŽAN, Pavel. *Simulačná optimalizácia – jej možnosti a problémy. Sborník příspěvků z 9.ročníku konference WITNESS 2006. Humusoft s.r.o a Vysoké učení technické v Brně*. Fakulta podnikatelská. Červen 2009, Čejkovce, str. 25.  
ISBN 80-214-3198-9.
- [17] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<[http://www.kod.tul.cz/info\\_predmety/Psi/prednasky\\_2007/prednaska\\_08/optimalizace\\_8\\_b.pdf](http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Psi/prednasky_2007/prednaska_08/optimalizace_8_b.pdf)>.
- [18] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<[http://www.kod.tul.cz/ucebni\\_materialy/PSI/texty/def\\_sim-6.htm](http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/PSI/texty/def_sim-6.htm)>.
- [19] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:< [www.gemtex.sk](http://www.gemtex.sk) >.
- [20] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<[http://www.kod.tul.cz/predmety/TEC/ucebni\\_mat/spodni\\_%20pradlo.pdf](http://www.kod.tul.cz/predmety/TEC/ucebni_mat/spodni_%20pradlo.pdf)>.
- [21] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<[http://www.kod.tul.cz/ucebni\\_materialy/technologie/kalhotky/kalhotky.htm](http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/technologie/kalhotky/kalhotky.htm)>.
- [22] *Cite them right – electronic information* [online]. [cit. 2010-1-17].  
URL:<[http://www.kod.tul.cz/ucebni\\_materialy/PSI/Skripta%20PSI-5.pdf](http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/PSI/Skripta%20PSI-5.pdf)>

## **Príloha č.1**

## **Definovanie základných stavebných prvkov v simulačnom modeli**

Diely (entity - part)

Zásobník (buffer)

Stroj (machine)

Zdroje obsluhy (labor)

Atributy (attribute)

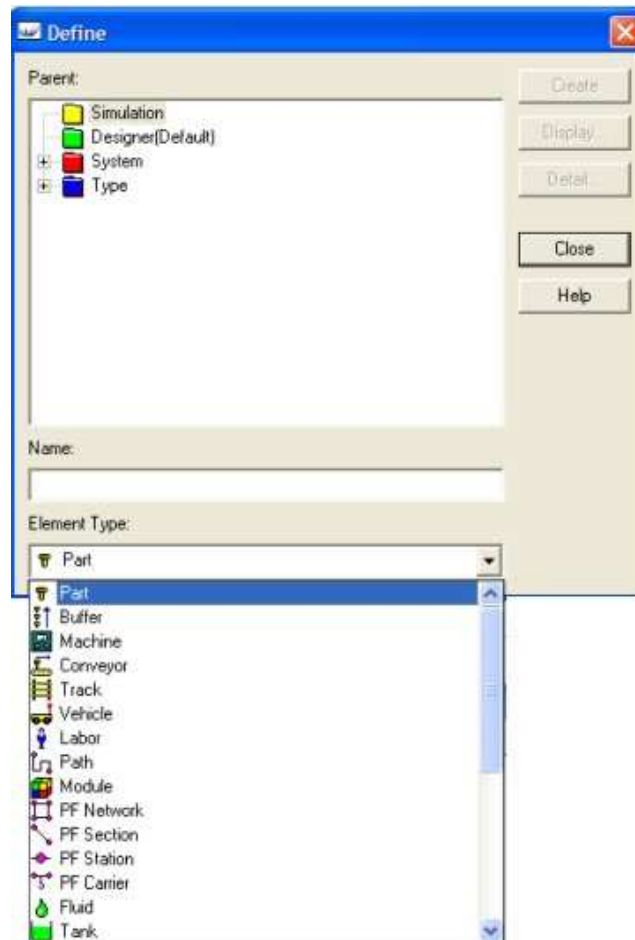
Premenné (variable)

Funckia (function)

Základné stavebné prvky sa v programe Witness definujú z hlavného menu Elements troma základnými krokmi:

**Elements:**

- **Define** (možnosť vybraní si daného prvku, definovanie jeho mena a množstva)
- **Display** (priradenie obrazovej podoby)
- **Detail** (popis parametra a chovanie prvku)



*Obr. 19 Dialógové okno Define*



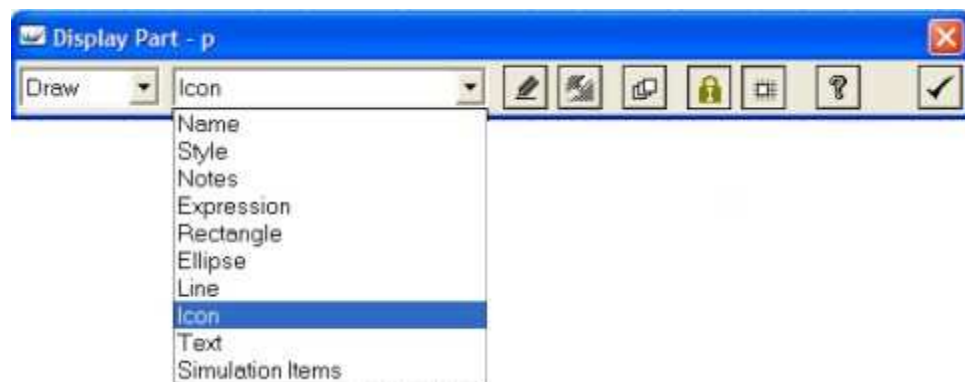
## Diely (entity- part)

Entity predstavujú časti, diely, ktoré sa samostatne pohybujú v modeli. V dialógovom okne display u entít definujeme:

→ Name

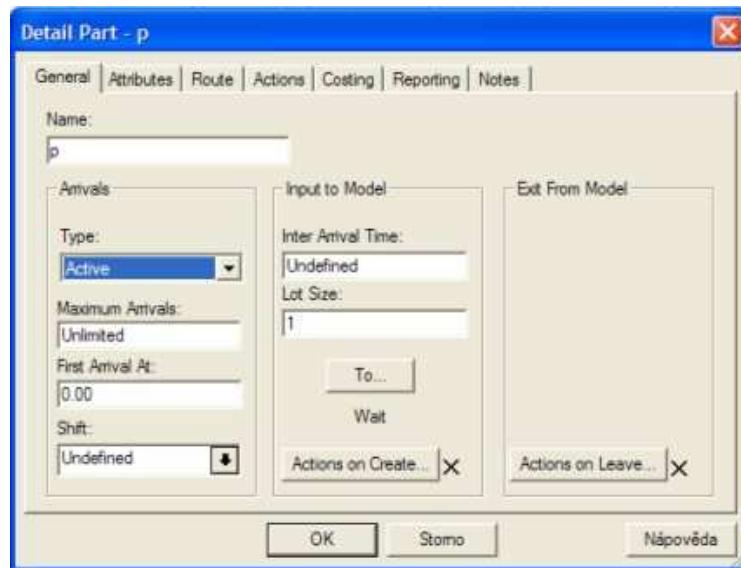
→ Icon

→ Style



Obr. 20 Dialógové okno Display

V dialógovom okne detail (vid'. Obr. 21) sa nastaví parametre elementu part. Hlavnými parametrami sa nastavuje Typ elementu – Active, aby sme mohli nastaviť max. počet súčasti, ktoré vstupujú do systému (Maximum Arrivals) , čas vstupu prvého dielu do modelu (First Arrival At), časový interval medzi jednotlivými príchodmi dielov (Inter Arrival Time) , počet prichádzajúcich dielov v časovom intervale (Lot size), definovať vstupné pravidlá (To...) , definovať akcie pri vytvorení (Action on Create) [22]



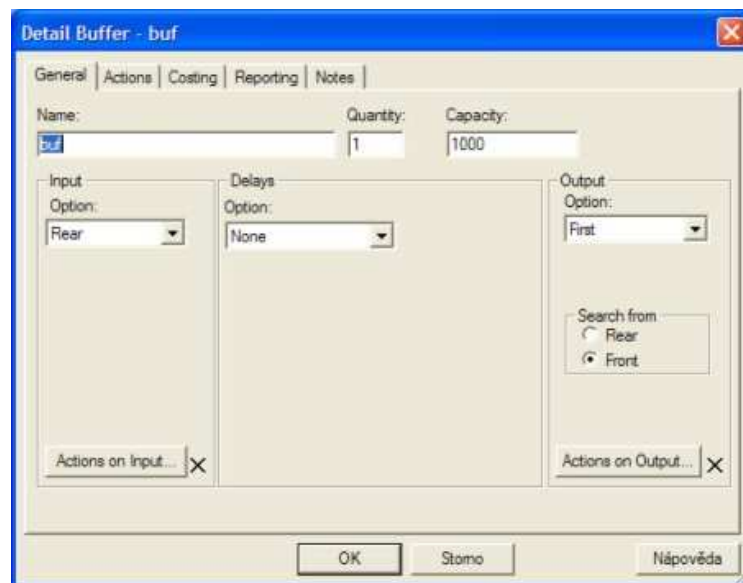
Obr. 21 Dialógové okno Detial Part

### Zásobník (buffer)

Zásobník je miesto, kde sa skladujú súčasti. Dialógové okno je rovnaké ako pri definovaní entít . U zásobníku definujeme:

- Name
- Icon
- Port Quene (počet- Count , fronta- Queue)

V dialógovom okne zásobníka (viď. Obr. 22) nastavujeme okrem mena (Name) a množstva zásobníkov (Quantit) aj kapacitu (Capacity), príkaz činnosti vykonané na vstupe (Action on Input), príkaz činnosti vykonané na výstupe (Action on Output).[22]



Obr. 22 Dialógové okno Detial Buffer

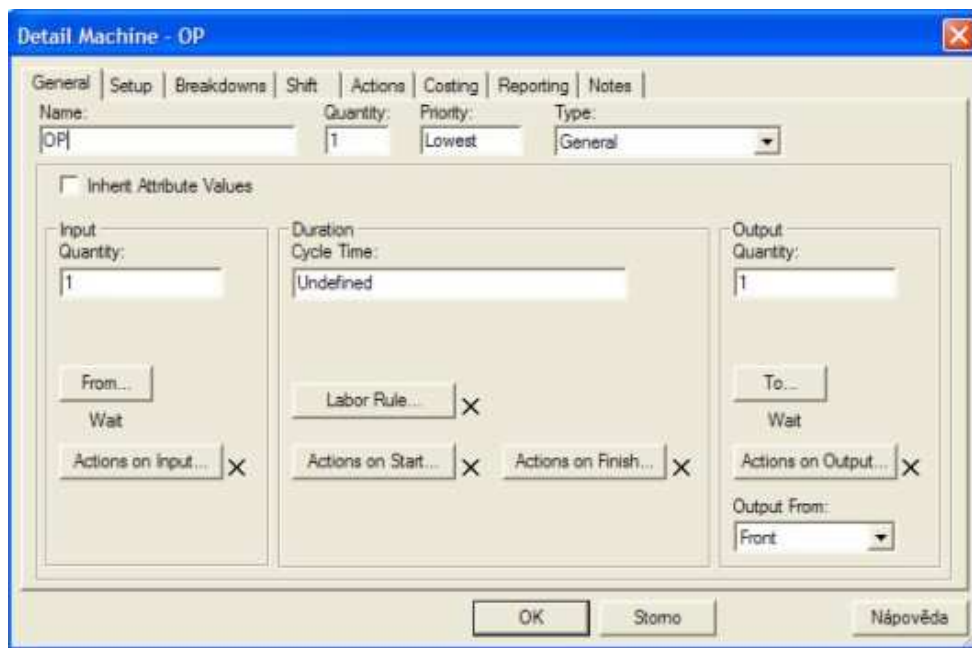
### **Stroj** (machine)

Stroj spracováva diely podľa zadaných pravidiel a posiela ich ďalej. V programe Witness je niekoľko základných typov strojov. V tejto diplomovej práci bol využitý stroj typu General. Tento stroj spracováva jeden alebo viac dielov na vstupe, na jeden alebo viac dielov vychádzajúcich zo stroje, teda na výstupe. Počet dielov na vstupe a výstupe môže byť rozdielny. [22]

Dialógové okno je rovnaké ako pri definovaní entít. Pri stroji definujeme:

- Name
- Icon
- Port Quene ( počet- Count , fronta- Queue )

V dialógovom okne stroja (viď. Obr. 23) sa nastavujeme meno (Name), definícia vstupných pravidiel (From...), príkaz činnosti vykonané na vstupe (Action on Input), čas potrebný na spracovanie dielov (Cycle Time), definovanie zdroje obsluhy (Labor Rule), akcie vykonané na začiatku opracovania dielov (Action on Start), akcie vykonané na konci opracovania dielov (Action on finish), definícia výstupných pravidiel, (To...), akcie vykonané na výstupe dielov zo stroja (Action on Output). [22]



Obr. 23 Dialógové okno Detial Machine

## Zdroje obsluhy (*labor*)

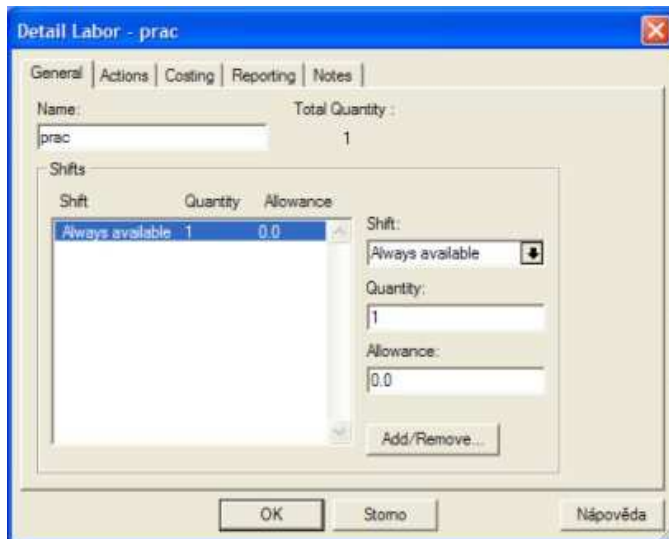
Zdroje obsluhy – pracovníci sa využívajú na obsluhu, opravu, zriadenie a čistenie stroja. Dialógové okno je rovnaké ako pri definovaní entít. [22]

Pri obsluhu definujeme:

→ Name

→ Icon

Dá sa definovať aj viac vlastností. Pracovník v nasimulovanom modeli nie je vizuálne zobrazený, icona na pracovnej ploche programu Witness bola vymazaná pomocou kliknutie na položku Delete Graphics. Pracovník je zobrazený v dialógovom okne Show/ Hide Element Selector, kde sú zobrazené všetky vytvorené a používané elementy. V dialógovom okne Detail (viď. Obr. 24) okrem mena ( Name) sa dá znásobiť počet pracovníkov ( Quantity ), priradiť pracovníkovi zmenu, v ktorej má pracovať (Shift). [22]



Obr. 24 Dialógové okno Detail Labor

## Atributy (attribute)

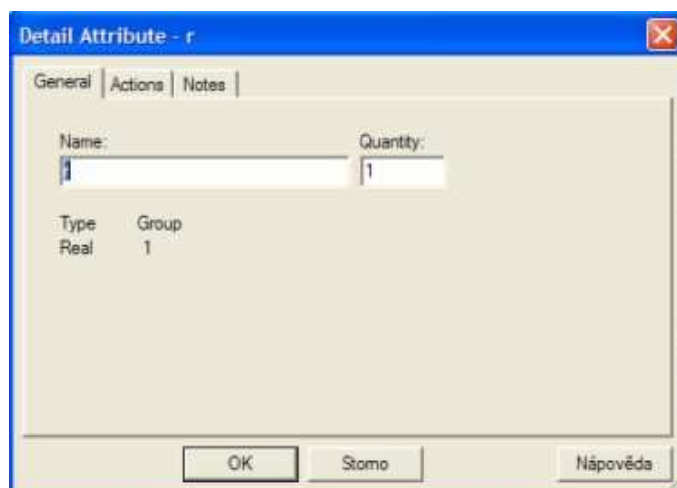
Atributy charakterizujú hodnoty dielov a pracovných zdrojov. Hodnoty atributov sú celočíselné (Integer), reálne (Real), môžu mať hodnotu názvu (Name) alebo textové informácie (String). Dialógové okno je rovnaké ako pri definovaní entít. [22]

Pri atributov definujeme:

→ Name

→ Icon

Dá sa definovať aj viac vlastností. Atributy v nasimulovanom modeli nie sú vizuálne zobrazené, icona na pracovnej ploche programu Witness bola vymazaná pomocou kliknutie na položku Delete Graphics. Atributy sú zobrazené v dialógovom okne Show/Hide Element Selector. [22]



Obr. 25 Dialógové okno Detail Attribute

## Premenné (variable)

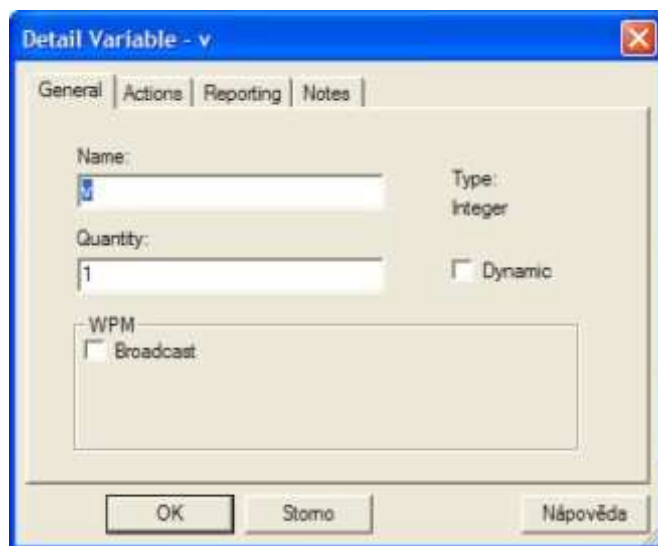
Premenné, ktoré zaznamenávajú kvantitatívne údaje o elementoch, počte dielov v daných operáciách alebo čas simulácie. Hodnoty premenných sú celočíselné (Integer), reálne (Real), môžu mať hodnotu názvu (Name) alebo textové informácie (String). Dialógové okno je rovnaké ako pri definovaní entít. [22]

Pri premenných definujeme :

→ Name

→ Icon

Dá sa definovať aj viac vlastností. Ako aj pri atributoch v nasimulovanom modeli nie sú vizuálne zobrazené premenné, icona na pracovnej ploche programu Witness bola vymazaná pomocou kliknutie na položku Delete Graphics. Atributy sú zobrazené v dialógovom okne Show/ Hide Element Selector. [22]



Obr. 26 Dialógové okno Variable

## Funckia (function)

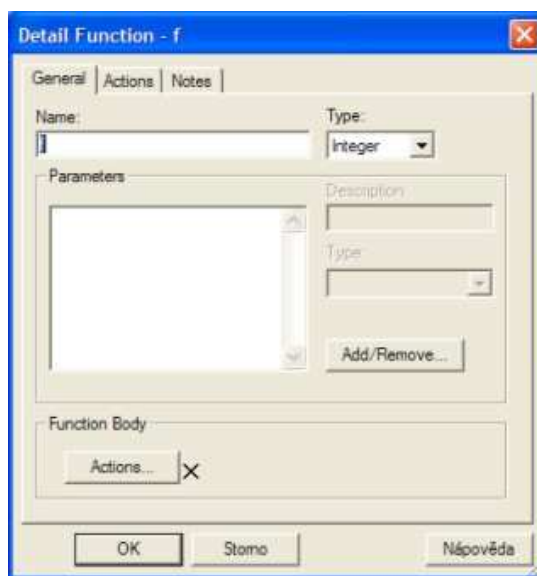
Definovanie funkcie sa používa pri stavbe logicky správneho modelu napr. pri určení aktuálneho počtu dielov v zásobníku. V programe Witness je možné definovať aj vlastnú funkciu. Funkcie môžu vrátiť hodnoty typu celé, reálne číslo, meno a reťazec znakov. Dialógové okno je rovnaké ako pri definovaní entít. [22]

Pri function definujeme:

→ Name

Dá sa definovať aj viac vlastností. Ako aj pri atributoch v nasimulovanom modeli nie je vizuálne zobrazená funkcia, icona na pracovnej ploche programu Witness bola vymazaná pomocou kliknutie na položku Delete Graphics.

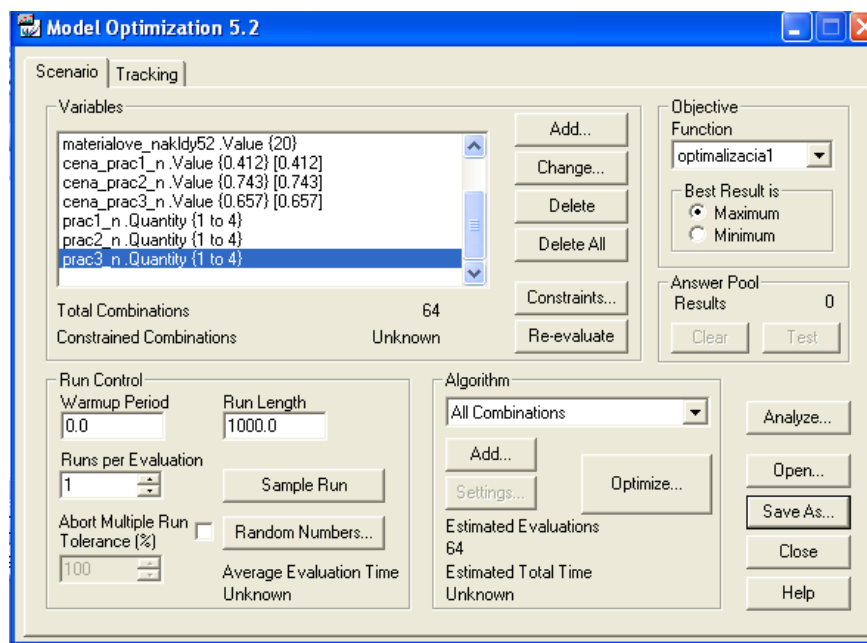
V dialógovom okne function (viď. Obr. 27) okrem mena sa nastavuje typ dát funkcie (Type) a vlastnú vytvorenú funkciu (Function Body→Actions). [22]



Obr. 27 Dialógové okno Function



## **Príloha č.2**

**Výsledky optimalizácie pre nohavičky**

Obr. 28 Okno optimalizačného modulu softvéru Witness pre nohavičky

Results - Best 50 [optimalizacia]

Results | Results Chart | Parameter Analysis

	Evaluation	optimalizacia1	cena_prac1_n	cena_prac2_n	cena_prac3_n	prac1_n.Quantity	prac2_n.Quantity	prac3_n.Quantity	cena_nohaviek51	cena_nohaviek52	materialove_nakla	materialove_nakla
1	0	374490	0.412	0.743	0.657	1	1	1	80	90	15	20
2	1	370679	0.412	0.743	0.657	1	1	2	80	90	15	20
3	62	395499	0.412	0.743	0.657	4	4	3	80	90	15	20
4	59	396066	0.412	0.743	0.657	4	3	4	80	90	15	20
5	63	391163	0.412	0.743	0.657	4	4	4	80	90	15	20
6	61	399835	0.412	0.743	0.657	4	4	2	80	90	15	20
7	58	400403	0.412	0.743	0.657	4	3	3	80	90	15	20
8	55	400970	0.412	0.743	0.657	4	2	4	80	90	15	20
9	60	404171	0.412	0.743	0.657	4	4	1	80	90	15	20
10	57	404739	0.412	0.743	0.657	4	3	2	80	90	15	20
11	54	405307	0.412	0.743	0.657	4	2	3	80	90	15	20
12	52	413979	0.412	0.743	0.657	4	2	1	80	90	15	20
13	56	409075	0.412	0.743	0.657	4	3	1	80	90	15	20
14	53	409643	0.412	0.743	0.657	4	2	2	80	90	15	20
15	51	396378	0.412	0.743	0.657	4	1	4	80	90	15	20
16	50	400583	0.412	0.743	0.657	4	1	3	80	90	15	20
17	16	411266	0.412	0.743	0.657	2	1	1	80	90	15	20
18	17	413023	0.412	0.743	0.657	2	1	2	80	90	15	20
19	18	408753	0.412	0.743	0.657	2	1	3	80	90	15	20
20	19	404482	0.412	0.743	0.657	2	1	4	80	90	15	20
21	20	409511	0.412	0.743	0.657	2	2	1	80	90	15	20
22	21	405306	0.412	0.743	0.657	2	2	2	80	90	15	20
23	22	401101	0.412	0.743	0.657	2	2	3	80	90	15	20
24	23	396896	0.412	0.743	0.657	2	2	4	80	90	15	20
25	24	404756	0.412	0.743	0.657	2	3	1	80	90	15	20
26	25	400551	0.412	0.743	0.657	2	3	2	80	90	15	20
27	26	396346	0.412	0.743	0.657	2	3	3	80	90	15	20
28	27	392141	0.412	0.743	0.657	2	3	4	80	90	15	20
29	28	400000	0.412	0.743	0.657	2	4	1	80	90	15	20
30	29	395796	0.412	0.743	0.657	2	4	2	80	90	15	20
31	30	391591	0.412	0.743	0.657	2	4	3	80	90	15	20
32	31	387386	0.412	0.743	0.657	2	4	4	80	90	15	20
33	32	421602	0.412	0.743	0.657	3	1	1	80	90	15	20
34	33	407424	0.412	0.743	0.657	3	1	2	80	90	15	20
35	34	403220	0.412	0.743	0.657	3	1	3	80	90	15	20
36	35	399015	0.412	0.743	0.657	3	1	4	80	90	15	20
37	36	416698	0.412	0.743	0.657	3	2	1	80	90	15	20
38	37	412362	0.412	0.743	0.657	3	2	2	80	90	15	20
39	38	408026	0.412	0.743	0.657	3	2	3	80	90	15	20
40	39	403690	0.412	0.743	0.657	3	2	4	80	90	15	20
41	40	411794	0.412	0.743	0.657	3	3	1	80	90	15	20
42	41	407458	0.412	0.743	0.657	3	3	2	80	90	15	20
43	42	403122	0.412	0.743	0.657	3	3	3	80	90	15	20
44	43	398786	0.412	0.743	0.657	3	3	4	80	90	15	20
45	44	406891	0.412	0.743	0.657	3	4	1	80	90	15	20
46	45	402554	0.412	0.743	0.657	3	4	2	80	90	15	20
47	46	398218	0.412	0.743	0.657	3	4	3	80	90	15	20
48	47	393882	0.412	0.743	0.657	3	4	4	80	90	15	20
49	48	418883	0.412	0.743	0.657	4	1	1	80	90	15	20
50	49	404788	0.412	0.743	0.657	4	1	2	80	90	15	20

Sort Ascending  
Sort Descending  
Set Model  
Set Suggested  
Print...  
Minitab  
Close  
Help

Obr. 29 Výsledky optimalizácie simulovaného modelu nohavičiek